E 2039

MW

1-2

134,

VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
IANUARIE-FEBRUARIE 1980

energetica

0 6 12 18

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR
DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 1–2 ianuarie–februarie

Cuprinsul

		Pag.
* * *	Al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice"	1–5
* * *	Lista rapoartelor	5–6
	Cuvintări rostite la ședința de deschidere	7–14
I. Măiereanu și E. Pavel	Aspecte privind siguranța în funcționare a sistemului energetic național în condițiile economisirii energiei primare	15–18
P. Dimo, M. Pomîrleanu, L. Bejuscu și I. Radu	Actualizarea on-line a modelului echivalent al sistemelor externe pentru analiza de siguranță a sistemului energetic național cu ajutorul echivalenților REI	18–22
V.I. Nitu; H. Albert, M. Stein și A. Popescu	Aspecte privind disponibilitatea elementelor de rețea	23–25
V. Bălan	Utilizarea modelelor matematice pentru stabilirea caracteristicilor energetice ale șisturilor cărbunoase	25–30
H. Albert și M. Iancu	Aspecte privind creșterea siguranței în funcționare prin dotarea tehnică corespunzătoare a conducerii operative	31–33
V.I. Nitu și A.M. Petrescu	Rolul programelor de calcul al siguranței pe termen scurt în îmbunătățirea funcționării operative a sistemului energetic național	34–36
A. Sevastru	Factorii favorizanți în dezvoltarea interconectării sistemelor energetice naționale prin linii de mare capacitate	36–43
C. Ionescu	Calculul fiabilității echipamentelor termomecanice prevăzute cu rezerve	43–49
M. Stein, P. Iancovici și G. Moraite	Siguranța în funcționare a unor zone de sistem sub aspectul corelațiilor între condițiile de dimensionare a rețelelor și automatizările de sistem	50–55
N. Bordeian, A.M. Petrescu și Fl. Mihăilescu	Optimizarea strategiei de utilizare a culoarelor pentru LEA de transport din punct de vedere al siguranței	56–62
H. Albert, M. Bogan și M. Bădin	Siguranța în funcționare a stațiilor de transformare din cadrul IRE Iași. Date statistice, comparații cu valori medii multianuale pe ansamblul sistemului energetic	62–66
I. Florea	Aspecte de siguranță privind schemele de conexiuni ale stațiilor propuse pentru tipizare	66–71
T. Angelescu și A. Mazăre	Îmbunătățirea schemelor de protecție și reglaj automat aferente blocurilor de 125 MW	72–73
D. Ivas, E. Voinea, E. Bîrlădeanu și I. Ignat	Tehnicile moderne de testare și instruire a operatorilor din camerele de comandă — mijloc de creștere a siguranței în funcționare a instalațiilor	74–76
Gh. Crețu	Regimul deformant și supratensiunile produse de cuptoarele electrice cu arc în rețeaua de 35 kV de alimentare a acestora	76–79
M. Ciobanu și V. Negoiță	Soluții tehnice aplicate pentru alimentarea cu energie electrică a platformei unui combinat chimic în cazul unor avarii grave în sistemul energetic	79–82
A. Stănculescu	Metodă de calcul pentru determinarea numărului minim de elemente selectate în distribuțiile statistice	82–85
CRONICĂ		
C. Ostap și M. Caba	80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice a Municipiului Iași	86–89
R. Sfichi	Prof. ing. Simion Oprișor la a 76-a aniversare	
RECENZII		90–91

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific al
Institutului central de cercetări energetice

Al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice"

—Iași, 18-19 octombrie 1979—

Simpozionul privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice a intrat în tradiția manifestărilor ce au loc în sectorul energetic românesc, ajungînd în acest an la cea de-a cincea sa manifestare.

Celui de-al V-lea Simpozion de siguranță, ținut la Iași la 18—19 octombrie, i s-a conferit și un caracter festiv, prin sărbătorirea Zilei energeticianului și aniversarea a 80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice din Iași.

Totodată Simpozionul al V-lea de siguranță este marcat de amprenta documentelor Congresului al XII-lea al partidului, în dezbaterile căruia problema energiei a ocupat un loc preponderent, ceea ce a făcut ca referatele prezentate și discuțiile care au avut loc să reflecte — pe lîngă linia ascendentă pe care, în mod firesc, evoluția preocupărilor legate de siguranța instalațiilor energetice a marcat-o — și amplificarea, adîncirea și intensificarea analizării lor prin prisma documentelor amintite.

Simpozionul, organizat sub egida Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor și Ministerului Energiei Electrice, de către Institutul Central de Cercetări Energetice, prin ISPE și ICEMENERG, și Întreprinderea de rețele electrice Iași, s-a bucurat de o largă participare din partea unui mare număr de specialiști din unitățile M.E.E., din învățămîntul superior, ca și din alte întreprinderi industriale. Cuvintele de salut și urările de succes pentru lucrările simpozionului, rostite la ședința de deschidere, dintre care cele adresate în numele Comitetului județean P.C.R. Iași, au confirmat importanța preocupărilor legate de această tematică atît pentru ramura energiei cît și pentru celelalte ramuri industriale ale țării noastre.

Simpozionul a consemnat un număr de peste 50 de referate, repartizate pe trei grupe, după cum urmează:

— Grupa I — *Metode și procedee de calcul privind siguranța în funcționare, disponibilitatea grupurilor din centralele electrice, separarea automată a sistemului pentru prevenirea extinderii avariilor, compararea tehnico-economică a variantelor de scheme energetice.*

— Grupa II — *Influența modului de realizare și exploatare a instalațiilor asupra siguranței în funcționare. Analiza gradului de siguranță obținut în cazul unor scheme concrete.*

— Grupa III — *Soluții tehnice aplicate pentru mărirea siguranței în funcționare.*

Grupa I a întrunit un număr de 31 referate, care, prin marea varietate de preocupări ce o reflectă, pot fi grupate în mai multe subgrupe, după specificul problemelor tratate.

Astfel, o primă subgrupă se referă la *modele, metodologii, premise de modelare și aplicarea în practică în vederea preliminării și optimizării siguranței instalațiilor energetice.* În această subgrupă se încadrează o serie de lucrări interesante, cum ar fi cele care tratează preocupări privind cercetarea și rezolvarea unor probleme teoretice, în vederea unei cît mai corecte abordări a problemelor de siguranță în funcționare.

Referatul I.1 prezintă evoluția concepțiilor și preocupărilor ISPE privind siguranța instalațiilor energetice, subliniind metodele, modelele și programele specializate existente în prezent pentru tratarea acestei probleme în domeniul proiectării și al exploatării.

Evaluarea corectă a pierderilor și a valorii daunelor în calculele de optimizări este tratată în referatul I.8.

Criterii de optimizare în alimentarea consumatorilor urbani sînt analizate în I.26, iar I.28 dezbate problema tratării siguranței în alimentarea unor consumatori industriali care au o funcționare intermitentă, prezentînd situații diferite față de regimul de funcționare continuă, sub aspectul consecințelor întreruperilor în alimentarea cu energie electrică.

Problema observațiilor statistice necesare determinării parametrilor de fiabilitate, ca date de intrare ale unui calcul probabilistic, conducînd la un mod de scurtare și simplificare a acestor observații, este tratată în I.11.

Modalități de apreciere a oportunității și a volumului de automatizări de sistem sînt prezentate în I.30, iar aspecte privind luarea în considerare prin calcul probabilistic a refuzurilor de funcționare a instalațiilor de automatică din rețele se prezintă în I.9. Preliminarea comportării în funcționarea conductelor în centralele electrice este prezentată în I.31.

O altă subgrupă cu o foarte bogată participare a reunit referatele legate de *siguranța, planificarea și exploatarea sistemului energetic.*

În I.6 se prezintă o sinteză a principiilor de dezvoltare a concepției sistemului energetic, incluzînd condițiile generale de siguranță impuse acestuia încă de la faza de concepție a structurii grupurilor generatoare și a rețelelor de transport și distribuție a energiei electrice.

Colectivul din ICEMENERG care are în preocupările sale cercetări legate de sistemul energetic a prezentat, în I.15, posibilităţile de aplicare a modelelor REI în studiile de siguranţă ale sistemelor interconectate, cu analizarea diferitelor „contingenţe" şi utilizarea acestor modele în timp real, conducînd la posibilitatea preliminării comportării sistemului în vederea stabilirii de măsuri de prevenire a unor avarii extinse.

Modalităţi de asigurare a fiabilităţii sistemului în ansamblu, atît în faza de concepţie, cît şi în exploatare, prezintă şi I.22, care analizează influenţa nivelului de încredere al producţiei necesare de energie electrică asupra puterii instalate în SEN.

Considerarea siguranţei în funcţionare a centralelor cu grupuri eterogene, în special în primii ani de funcţionare, luată în calculele de dimensionare a reţelelor de transport face obiectul referatului I.18.

Modalităţi de rezolvare a unor probleme de siguranţă a SEN, în condiţiile exploatării operative, în vederea prevenirii sau limitării unor avarii extinse în sistem, sînt prezentate în I.2.

În ceea ce priveşte asigurarea continuităţii în alimentarea platformelor industriale prin insularizare în cazul avariilor extinse de sistem, referatele I.5 şi I. 27 arată preocupările ISPE în acest domeniu.

Importanţa dotării conducerii operative a instalaţiilor energetice cu un sistem informaţional corespunzător este ilustrată de I.16, iar în I.17 se prezintă modul de utilizare a programelor de calcul al siguranţei pe termen scurt în îmbunătăţirea funcţionării operative a SEN.

Problemele legate de *disponibilitatea* grupurilor energetice sau a elementelor de reţea sînt dezbătute într-o serie de referate care formează o subgrupă aparte în cadrul Grupei I.

Analiza unor aspecte specifice ale disponibilităţii grupurilor de mare putere, ilustrată în I. 4, cu indicarea măsurilor posibile de creştere a acestei disponibilităţi, apare de mare interes şi actualitate prin corelarea ei cu efectele crizei energetice. În sfera acestor preocupări se înscrie şi lucrarea I.23.

Tot legat de fiabilitatea grupurilor, problemele de optimizare şi modelare prin calcul a acesteia sînt luate în discuţie în I.25 şi I.24, primul privind echipamentele termomecanice cu rezervare, iar al doilea privind debitul instalat şi numărul de cazane de abur din CET.

Cît priveşte disponibilitatea reţelelor de transport şi de distribuţie a energiei electrice, aspecte legate de această problemă sînt tratate în I.3.

O foarte importantă problemă — a valorilor indicatorilor de siguranţă garantaţi de furnizorii de echipamente energetice (în conformitate cu prevederile Legii calităţii produselor) formează obiectul referatului I.21.

Preocupările pentru îmbunătăţirea calităţii combustibilului utilizat în unele centrale electrice sînt evidenţiate în I.13, iar referatul următor, I.14, prezintă modul de stabilire a unor valori probabile privind caracteristicile energetice ale şisturilor bituminoase din bazinul Doman, conducînd la rezultate ce pot fi folosite în modele de calcul al siguranţei în funcţionare a instalaţiilor ce folosesc acest combustibil.

În cadrul Grupei I s-au mai prezentat :

Referatul I.7, care tratează probleme ridicate de adaptarea structurii sistemului energetic la cerinţele politicii energetice : reducerea consumului de hidrocarburi, creşterea producţiei centralelor pe cărbuni inferiori, producerea combinată de energie electrică şi căldură etc. Referatul I.20 se înscrie în aceeaşi sferă de preocupări, analizînd efectele crizei energetice asupra conceptului de siguranţă a sistemului energetic.

În ce priveşte pierderile de energie în reţele, în I.10 se analizează modul în care se corelează cerinţele de siguranţă în funcţionare cu cele de reducere a acestor pierderi.

Modul în care siguranţa sistemului energetic poate fi influenţată de interconexiunile cu sistemele energetice vecine şi criteriile de apreciere a valorii ajutorului dat de aceste sisteme în caz de avarie sînt analizate în ref. I. 19.

În urma discuţiilor purtate pe marginea referatelor prezentate în cadrul Grupei I s-au conturat unele concluzii mai importante, din care s-a desprins necesitatea :

— intensificării eforturilor cercetării în domeniul siguranţei sistemului şi instalaţiilor energetice ;

— dezvoltării metodelor şi procedeelor pentru abordarea studiilor de siguranţă pentru centralele nuclearoelectrice ;

— urmăririi în continuare a problemei daunelor la consumatori cauzate de perturbarea alimentării cu energie electrică, acţiune care să se facă pe întreprinderi ;

— creşterii continue a rolului conducerii operative, respectiv al acţiunilor specifice de programare a funcţionării, în scopul evitării extinderii avariilor de sistem. Metodele de calcul al

regimurilor, de analiză a siguranței, stabilirea premiselor trebuie să fie adaptate astfel încît să satisfacă cerințele specifice ale programării funcționării :

— îmbunătățirii bazei de date pentru calculele de siguranță, inclusiv în timp real, pentru conducerea regimurilor operative.

*

Referatele prezentate în cadrul Grupei II tratează *influența modului de realizare și exploatare a instalațiilor electrice asupra siguranței în funcționare, precum și analiza unor scheme concrete de mărime a gradului de siguranță.*

În prima subgrupă din cadrul acestei grupe se include un număr de nouă referate, reflectînd preocupările în acest domeniu ale ISPE, ICEMENERG, IPROMET și IRE Iași.

Gradul de siguranță în alimentarea unor mari platforme industriale, cu indicarea unor măsuri de perspectivă privind creșterea sa, prin injecțiile de la tensiuni superioare în nodurile de consum și insularizare, formează obiectul referatului II. 2.

Referatul II.1 analizează eficiența protecției liniilor de contact feroviare în cazul defectelor din zona Regionalei C.F. Brașov, oferind date utile în practica reglării protecțiilor și a evitării accidentelor umane.

Nivelul de siguranță realizat în exploatarea curentă a stațiilor de transformare din cadrul IRE Iași este prezentat în II.2, scoțînd în evidență rezultatele bune obținute în această întreprindere datorită mai ales organizării reparațiilor planificate, cît și a celor rezultate ca necesare în urma unor defecte. În acest sens este de menționat faptul că pentru stabilirea intervalelor dintre două revizii planificate se pot lua în considerare intervalele medii de timp de alimentare neîntreruptă a consumatorilor.

Referatul II.6 prezintă o sinteză a comportării cablurilor electrice în exploatare, pe baza fișelor de echipament deteriorat întocmite de IRE-uri în perioada 1972—1977, propunînd totodată și măsuri de îmbunătățire a calității acestor cabluri și a exploatării lor.

Două lucrări, II.4 și II.5, se ocupă de problema obținerii unor parametri superiori ai uleiului la transformatoarele de putere și tensiune, precum și de metode de analiză profilactică a compoziției gazelor dizolvate în uleiul electroizolant, în vederea evitării unor avarii la aceste transformatoare.

Mult dezbătuta problemă a reducerii consumului propriu tehnologic în rețele, cu efectele sale asupra siguranței în funcționare, este interesant tratată în II.9. Pentru limitarea la minimum a efectelor negative ale măsurilor de reducere a pierderilor în rețele asupra siguranței în funcționare, referatul propune unele măsuri de îmbunătățire constructive pentru rețelele de 400 și 220 kV, ca și la echipamentele stațiilor racordate la aceste tensiuni, precum și la rețelele de 110 kV și cele de medie tensiune.

În domeniul siguranței în funcționare a centralelor termoelectrice, se indică unele metode pentru menținerea calității condensatului, și anume prin determinarea cantităților de Ca și Na (II.3).

În cadrul subgrupei care reunește lucrările privind creșterea gradului de siguranță obținută în cazul *unor scheme concrete*, se numără cinci referate, care prezintă scheme constructive și de protecție a LEA și a stațiilor de transformare ce duc la creșterea gradului de continuitate în funcționare.

În II.7 se indică o măsură de asigurare a continuității în alimentare în stațiile racordate prin celule de linie intrare-ieșire, și anume prin șuntarea întreruptoarelor cu separatoare, pentru repararea întreruptoarelor sau pentru efectuarea reviziei.

În II.14 se prezintă indicatorii de siguranță calculați pentru schemele stațiilor de conexiuni de 110, 220 și 400 kV propuse pentru tipizare.

În II.8, tratînd preocupări în domeniul protecției prin relee pentru creșterea nivelului de siguranță, se ajunge la concluzia că, dintre aceste protecții, care implică anumite dezavantaje, protecția rapidă a barelor împotriva scurtcircuitelor este cea care înlătură inconvenientele respective.

Pentru menținerea în funcțiune a consumatorilor la perturbații în rețelele electrice, sînt necesare măsuri de protecție, dintre care unele sînt analizate în II.13.

În ce privește siguranța în funcționare a liniilor de mare capacitate pentru transportul energiei electrice, în II.11 se dau unele soluții constructive de realizare a acestora, rezultînd drept cea mai avantajoasă soluția 400 kV dublu circuit. În acest sens se propune măsura dezafectării unor linii de 220 kV simplu circuit pentru realizarea, pe același traseu, a unor linii de 400kV.

*

Diversitatea temelor abordate în referatele prezentate la Grupa III reflectă multitudinea domeniilor în care se pot aplica *soluții tehnice noi privind mărirea siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.*

În problema asigurării continuității în alimentarea consumatorilor în cazul unor avarii extinse de sistem, în III.1 se descrie soluția aplicată pentru descărcarea automată a turboagregatelor în funcțiune pînă la o sarcină apropiată de cea a serviciilor interne, prin aceasta asigurîndu-se menținerea grupului de contrapresiune în funcțiune la variații bruște de sarcină.

În III. 12 se prezintă schema de funcționare și automatica de separare prin care se asigură — prin extinderea insularizării — alimentarea integrală a platformei industriale la avarii de sistem, fără a se afecta siguranța în regim normal.

Legat de protecția prin relee în vederea creșterii gradului de siguranță, în III.3 se analizează schema de protecție de rezervă a barelor de 30 kV și 5 kV din CET Grozăvești, schemă constînd în realizarea unei protecții de rezervă complet separată de restul protecțiilor de pe linii, soluția propusă fiind simplă, ieftină și sigură în funcționare.

Soluții care au condus la mărirea siguranței în funcționare sînt prezentate și în III.4, și anume prin modificări ale schemelor de reglaj automat aferente instalației termomecanice a blocurilor de 125 MW de fabricație R.S.C., precum și în schemele de protecție, eliminînd posibilitatea unor declanșări false. În ceea ce privește dispozitivele de acționare a întreruptoarelor de 6 kV din serviciile interne, dispozitive tip DPI cu aer comprimat, a fost aplicată măsura înlocuirii lor cu dispozitive MRI—2, al căror mod de adaptare este prezentat în III.2.

În III.9 se analizează avariile care au avut loc datorită supratensiunilor produse de cuptoarele electrice cu arc în rețeaua de 33 kV care le alimentează și se prezintă soluții de înlăturare a cauzelor acestor perturbații.

În III.6, specialiști din ICEMENERG au prezentat datele experimentale care au condus la introducerea procedeului de aditivare la arderea păcurii sulfuroase în vederea reducerii coroziunilor și depunerilor la cazanele de abur din centralele electrice.

În ce privește cablurile electrice, două referate (III. 7 și III 8) descriu soluții noi de execuție, și anume a manșoanelor de legătură a joncțiunilor de mufe și papuci la cablurile de 1 kV.

În III. 13 se propune o metodă statistică pentru dimensionarea prizelor de pămînt, prezentîndu-se metoda de calcul, măsurătorile și compararea rezultatelor de calcul cu determinările experimentale.

În sfîrșit, problema de o deosebită importanță, legată de creșterea siguranței personalului din camerele de comandă, este analizată în III. 5, în care se arată posibilitățile de simulare a intervențiilor operatorilor și se prezintă scheme practice pentru astfel de simulatoare.

Din dezbaterea problemelor tratate în referatele prezentate în cadrul Grupelor II și III, ca și din luările de cuvînt la aceste grupe, sînt de subliniat următoarele concluzii mai importante :

— Necesitatea creșterii fiabilității intrinseci a echipamentelor, ca factor de bază pentru mărirea disponibilității centralelor, cooperarea cu fabricanții și găsirea unor modalități de cooperare mai eficientă pentru garantarea fiabilității.

— Necesitatea pregătirii personalului, în sensul acționării mai eficiente în situații concrete în practică.

— Necesitatea analizei siguranței în funcționarea instalațiilor în concordanță cu reducerea principalilor indicatori, și anume consumul propriu tehnologic, materialele deficitare ș.a.

— Antrenarea într-o măsură mai mare a specialiștilor din exploatare, de la consumatori și din M.E.E., în urmărirea aspectelor siguranței în funcționare a instalațiilor, în sintetizarea rezultatelor de exploatare și în desfășurarea de acțiuni pentru creșterea siguranței în funcționare.

— În ceea ce privește insularizarea, în cazul alimentării platformelor industriale, necesitatea corelării problemelor sub toate aspectele (organizarea internă la consumatori, separarea pe importanță a receptorilor, măsuri de reducere a inconvenientelor legate de limitări, sacrificii la consumatori în situații critice).

— Asimilarea în țară a unor echipamente de automatizare (relee folosite în schemele ALEA cu scheme de insularizare) cu înalt nivel de siguranță.

— Utilizarea tehnicii de calcul pentru determinarea, pe baza datelor în timp real, a nivelului siguranței pe timp scurt, precum și pentru sabilirea parametrilor necesari calculelor de fiabilitate.

— Abordarea sistemică a problemelor de siguranță în funcționare, dezvoltarea cooperării între proiectanții M.E.E. cu cei ai institutelor tehnologice și de la consumatori, pentru efectuarea de analize mergînd pînă la nivelul de receptor, care să pună în evidență influența unor receptori speciali asupra funcționării instalațiilor în ansamblu și a siguranței.

*

În cadrul discuțiilor s-au desprins și unele probleme care ar putea constitui subiecte preferențiale pentru a fi dezbătute la cel de-al VI-lea Simpozion de siguranță, din 1981, care va marca

și un deceniu de la prima sa manifestare de acest gen, din octombrie 1971, de la Galați. Acestea s-au conturat în următoarele propuneri de teme :

Grupa I

1. Perfecționarea modelelor și metodelor matematice în vederea estimării siguranței în funcționare în cazul schemelor cu componente eterogene, pentru grupuri de mare putere și centrale nuclearoelectrice.

2. Perfecționarea modelelor și metodelor matematice pentru estimarea siguranței în funcționare a sistemelor de protecție și automatizare.

3. Metode și rezultate de prognozare a fiabilității intrinseci, a disponibilității instalațiilor energetice.

4. Moedele și metode de prognozare a curbelor de sarcină.

5. Metode de preliminare a disponibilității pentru acoperirea curbelor de sarcină corelat cu regimuri de funcționare impuse (CET, CHE).

6. Rezultate obținute pentru siguranța în funcționare a instalațiilor comparativ cu prevederile de calcul de proiect.

7. Perfecționarea metodologiei de estimare a daunelor la consumatori, în funcție de caracteristica perturbației.

8. Îmbunătățirea evidenței evenimentelor din SEN, a bazei de date pentru estimarea siguranței în funcționare.

Grupa II

1. Metode și căi de perfecționare a activității de întreținere și exploatare în vederea creșterii siguranței în funcționare.

2. Metode și căi de pregătire a personalului de exploatare, corelat cu complexitatea instalațiilor.

3. Eficiența relației beneficiar de echipamente — furnizor, în obținerea de echipamente și utilaje cu o fiabilitate superioară.

Grupa III

1. Insularizarea platformelor industriale ca mijloc de creștere a continuității în alimentarea consumatorilor. Soluții adoptate, rezultate obținute.

2. Separarea pe zone de sistem în cazul unor avarii extinse. Soluții adoptate, rezultate obținute.

3. Utilizarea sistemelor de supraveghere și control în vederea creșterii siguranței în funcționare a instalațiilor.

4. Fiabilitatea intrinsecă a unor instalații (linii, stații, agregate etc.) determinată din condiții de exploatare. Propuneri de îmbunătățire sau generalizarea unor măsuri adoptate.

Lista rapoartelor

Grupa I — *Metode și procedee de calcul privind siguranța în funcționare, disponibilitatea grupurilor din centralele electrice, separarea automată a sistemului pentru prevenirea extinderii avariilor, compararea tehnico-economică a variantelor de scheme energetice*

I.1. V.I. Nitu, H. Albert și M. Stein (ISPE) : Evoluția concepției și metodelor adoptate pentru siguranța în funcționare a instalațiilor energetice.

I.2. C. Bunescu (DEN), A. Cristovici, G. Moraite și P. Iancovici (ISPE) : Criterii de analiză a siguranței în funcționare a sistemului energetic.

I.3. V.I. Nitu, H. Albert, M. Stein și N. Popescu (ISPE) : Aspecte privind disponibilitatea elementelor de rețea.

I.4. V.I. Nitu, M. Stein, P. Iancovici și F. Breazu (ISPE) : Aspecte privind disponibilitatea grupurilor de mare putere.

I.5. M. Stein, H. Albert, M. Ciobanu, N. Crăciun și Gh. Crețu (ISPE) : Creșterea continuității în alimentarea platformelor industriale prin insularizare în cazul avariilor extinse în sistem.

I.6. G. Manolescu (ISPE) : Aspecte privind considerarea siguranței în funcționare la planificarea dezvoltării SEN.

I.7. I. Măiereanu și E. Pavel (M.E.E.) : Aspecte privind siguranța în funcționare a SEN în condițiile economisirii de energie primară.

I.8. A. Poeată, D. Ivas, M. Ilinca și Gh. Georgescu (I.P. Iași) : Considerații privind actualele metodologii de evaluare a efectelor întreruperilor în alimentarea cu energie electrică.

I.9. I. Alexandrescu (IPROMET) : Calculul întreruperii în alimentarea cu energie electrică datorită refuzului de acționare al automaticii.

I.10. Gh. Bărbulescu (IPROMET) : Unele aspecte privind corelarea siguranței în funcționare cu micșorarea pierderilor de energie în rețelele electrice industriale echipate cu reactoare.

I.11. A. Stănculescu (IRE Craiova) : Metodă de calcul pentru determinarea numărului minim de elemente selectate în distribuțiile statistice.

I.12. A. Stănculescu (IRE Craiova) : Definirea unui model analogic al șirurilor de așteptare în servirea consumatorilor casnici cu energie electrică.

I.13. E. Gatman (ICEMENERG) : Calitatea cărbunelui din bazinul Oltenia-nord, factor determinant în asigurarea siguranței în exploatare a instalațiilor termoenergetice.

I.14. V. Bălan (ICEMENERG) : Utilizarea modelelor matematice pentru stabilirea caracteristicilor energetice ale șisturilor cărbunoase.

I.15. P. Dimo, M. Pomîrleanu, L. Bejuscu şi I. Radu (ICEMENERG) : Actualizarea on-line a modelului echivalent al sistemelor externe pentru analize de siguranţă a SEN.

I.16. H. Albert şi M. Iancu (ISPE) : Aspecte privind creşterea siguranţei în funcţionare prin dotarea tehnică corespunzătoare a conducerii operative.

I.17. V.I. Nitu şi A.M. Petrescu (ISPE) : Rolul programelor de calcul al siguranţei pe termen scurt în îmbunătăţirea funcţionării operative a sistemului energetic naţional.

I.18. N. Bordeian şi A.M. Petrescu (ISPE) : Influenţa asupra dimensionării reţelelor de transport a gradului de siguranţă oferit de centralele cu grupuri eterogene.

I.19. A. Sevastru (ISPE) : Factori favorizanţi în dezvoltarea interconectării sistemelor energetice naţionale prin linii electrice de mare capacitate.

I.20. V.I. Nitu, M. Stein şi E. Costin (ISPE) : Criza de energie şi implicaţiile sale asupra siguranţei sistemelor energetice.

I.21. P. Iancovici (ISPE) : Fiabilitatea echipamentelor energetice, caracteristică de calitate supusă regimului garanţiilor.

I.22. L. Lup, E. Costin şi C. Romaşcu (ISPE) : Influenţa nivelului de confidenţă a producţiei necesare de energie electrică asupra puterii instalate a SEN.

I.23. L. Lup (ISPE) : Elemente privind disponibilitatea agregatelor din centralele electrice — faze de stare.

I.24. C. Ionescu (I.P. Bucureşti) : Calculul fiabilităţii echipamentelor termomecanice prevăzute cu rezerve.

I.25. C. Ionescu (I.P. Bucureşti) : Stabilirea debitului instalat şi a numărului de cazane de abur în centrale electrice de termoficare în condiţii de siguranţă impuse.

I.26. M. Bogan (ISPE) şi Th. Albert (CIRE) : Aspecte generale ale siguranţei în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor urbani.

I.27. Gh. Creţu (ISPE) : Criterii privind insularizarea centralelor platformelor industriale.

I.28. I. Alexandrescu (IPROMET) : Calculul fiabilităţii alimentării cu energie electrică a consumatorilor cu regim de funcţionare intermitent.

I.29. I. Bejan (I.P. Iaşi) şi M. Caba (IRE Iaşi) : Probleme actuale ale instalaţiilor de protecţie prin relee.

I.30. M. Stein (ISPE) : Siguranţa în funcţionare a unor zone de sistem, sub aspectul corelaţiilor de dimensionare a reţelelor şi automatizărilor de sistem.

I.31. L. Lupescu şi N. Nicolescu (ISPE) : Determinarea duratei de viaţă a conductelor folosind metode probabilistice.

Grupa II — *Influenţa modului de realizare şi exploatare a instalaţiilor asupra siguranţei în funcţionare. Analiza gradului de siguranţă obţinut în cazul unor scheme concrete*

II.1. N. Rusu, V. Constantinescu, P. Birzan şi P. Seitan (Regionala C.F. Braşov): Comportarea protecţiilor liniei de contact în cazul defectelor cu caracter deosebit în zona Regionalei C.F. Braşov.

II.2. N. Sufleţel, N. Brumă şi C. Ostap (IRE Iaşi) : Preocupări şi perspective la IRE Iaşi pentru mărirea gradului de siguranţă în alimentarea cu energie electrică a platformelor industriale.

II.3. T. Gooss (ICEMENERG) : Determinarea infiltraţiilor mici de apă brută la condensatoarele în funcţiune.

II.4. St. Panţu (ICEMENERG) : Tehnologii de tratare, manipulare şi conservare a uleiurilor electroizolante.

II.5. Gh. Fişer (ICEMENERG) : Analiza profilactică a compoziţiei gazelor dizolvate în uleiul electroizolant, metodă de prevenire a avariilor la transformatoare.

II.6. S. Pispiris şi D. Briceag (ICEMENERG) : Sinteza comportării cablurilor de energie în exploatare şi măsurile ce rezultă pentru fabricarea şi exploatarea lor.

II.7. V. Lupu şi D. Gheorghiu (IRE Iaşi) : Staţii de 110 kV racordate la o linie cu simplu circuit.

II.8. E. Covar (IITPIC) : Protecţia rapidă a barelor colectoare ale staţiilor electrice împotriva scurtcircuitelor.

II.9. H. Albert şi A. Mihăilescu (ISPE) : Efecte ale măsurilor privind reducerea consumului tehnologic în reţele asupra siguranţei în funcţionare.

II.10. Z. Croitoru (IPROMET) : Influenţele în circuitele de protecţie, comandă, măsură, semnalizare şi de telefonie date de curenţii de scurtcircuit ai reţelelor de 110 kV din incintele uzinale siderurgice.

II.11. N. Bordeian, A.M. Petrescu şi Fl. Mihăilescu (ISPE) : Optimizarea strategiei de utilizare a culoarelor pentru liniile electrice aeriene de transport din punct de vedere al siguranţei.

II.12. H. Albert, M. Bogan şi M. Bădin (ISPE) : Siguranţa în funcţionare a staţiilor de transformare din cadrul IRE Iaşi — date statistice, comparaţii cu valori medii multianuale pe ansamblul sistemului energetic.

II.13. M. Ciobanu şi Gh. Creţu (ISPE) : Menţinerea consumatorilor în funcţiune la perturbaţii în reţelele electrice prin adoptarea unui sistem de protecţie corespunzător şi crearea condiţiilor de autopornire.

II.14. I. Florea (ISPE) : Aspecte de siguranţă privind schemele de conexiuni ale staţiilor propuse pentru tipizare.

Grupa III — *Soluţii tehnice aplicate pentru mărirea siguranţei în funcţionare*

III.1. I. Chereches şi Gh. Dumitrică (IEC Bucureşti) : Soluţii şi scheme de separare faţă de sistem a CET 23 August.

III.2. I. Chereches şi D. Dumitrescu (IEC Bucureşti) : Înlocuirea dispozitivelor tip DPI de acţionare a întreruptoarelor de 6 kV din serviciile interne, cu dispozitive tip MRI.

III.3. Gh. Dumitrică (IEC Bucureşti) : Schema de protecţie de rezervă a barelor de 30 kV şi 5 kV din CET Grozăveşti.

III.4. T. Angelescu şi A. Mazăre (IEC Bucureşti) : Îmbunătăţirea schemelor de protecţie şi reglaj automat aferente blocurilor de 125 MW.

III.5. D. Ivas, E. Voinea, E. Bîrlădeanu, şi I. Ignat (I.P. Iaşi) : Tehnicile moderne de testare şi instruire a operatorilor din camerele de comandă, mijloc de creştere a siguranţei în funcţionare a instalaţiilor.

III.6. V. Neaţu, M. Matei, şi P. Dordea (ICEMENERG) : Reducerea coroziunilor şi depunerilor de pe traseul gazelor de ardere la cazanele de abur prin aditivarea păcurii cu conţinut ridicat de sulf şi vanadiu.

III.7. D. Briceag şi B. Mathé (ICEMENERG) : Soluţie nouă de execuţie a manşoanelor de legătură la cablurile de energie de joasă tensiune.

III.8. E. Tita şi R. Mateescu (ICEMENERG) : Stabilirea unei tehnologii noi de execuţie a joncţiunilor mufe şi papuci la cablurile de energie de 1 kV cu conductoare unifilare, sector aluminiu.

III.9. Gh. Creţu (ISPE) : Regimul deformant şi supratensiunile produse de cuptoarele electrice cu arc în reţeaua de 35 kV de alimentare a acestora.

III.10. R. Sfichi (IRE Suceava) : Mijloace de combatere a avariilor din reţelele electrice cauzate de supratensiunile de rezonanţă armonică.

III.11. R. Sfichi şi I. Prelipceanu (IRE Suceava) : Aspecte privind siguranţa în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor cu şocuri.

III.12. M. Ciobanu şi V. Negoiţă (ISPE) : Soluţii tehnice aplicate pentru alimentarea cu energie electrică a platformei unui combinat chimic în cazul unor avarii grave în sistemul energetic.

III.13. S. Pispiris (ICEMENERG) : Înregistrări ale potenţialelor prizelor de pământ ale staţiilor de 110—220 kV şi compararea lor cu valorile calculate.

Cuvîntări rostite la ședința de deschidere

Cuvîntul rostit de tov. ing. *Vl. Vasiliu*, director IRE Iași

Stimați tovarăși,

Ca o recunoaștere a rolului important pe care îl au energeticienii în viața țării, conducerea de partid a stabilit încă din anul 1973 ca în cea de-a treia duminică din luna octombrie să fie sărbătorită Ziua energeticianului. Alegerea momentului a fost determinată din dorința de a păstra vie în amintirea noastră istorica Plenară din 26 octombrie 1950 a C.C. al P.C.R. care a aprobat primul plan de electrificare de zece ani a României.

Sărbătorim această zi în condițiile în care întregul nostru popor depune eforturi susținute pentru realizarea Programului de dezvoltare economico-socială a țării stabilit de Congresul al XI-lea al P.C.R., a sarcinilor actualului cincinal, în condițiile în care energeticienii noștri își aduc contribuția, în spiritul Hotărîrii Comitetului Politic Executiv al C.C. al P.C.R. din 7 iunie 1977 privind creșterea gradului de siguranță în alimentarea consumatorilor și economisirea tuturor formelor de energie, la realizarea acestor sarcini.

Pentru colectivul de energeticieni ai IRE Iași, sărbătoarea pe care o omagiem are o semnificație aparte: se împlinesc în acest an 80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice din Iași.

Acest eveniment ne oferă prilejul de a reflecta asupra drumului parcurs de energetica ieșeană în cei 80 de ani și de a evidenția stadiul actual și perspectivele pe care le are, în lumina documentelor ce urmează să fie adoptate de Congresul al XII-lea al P.C.R.

Ce a însemnat energetica ieșeană pînă la 23 August 1944, deci la 45 de ani de la înființarea Uzinei electrice în 1899? În anul 1944, puterea instalată a tuturor motoarelor din Uzina electrică din Iași, Pașcani, Hîrlău era de 10 MW, numărul consumatorilor era de 11 040, rețelele de distribuție măsurau 203 km, energia ce se distribuia tuturor categoriilor de consumatori era de 9968 MWh, iar în tot județul Iași exista o singură localitate rurală electrificată.

Stadiul actual de dezvoltare al energeticii ieșene este la nivelul marilor realizări obținute în opera de construire a societății socialiste multilateral dezvoltate în țara noastră. Astfel, în momentul de față întreprinderea distribuie anual o cantitate de 1,7 miliarde kWh (ceea ce reprezintă aproape dublul față de producția de energie electrică a întregii Românii în anul 1938), livrează energie electrică la un număr de 280 000 de abonați, are în exploatare rețele electrice de peste 13 500 km, iar din anul 1973 au fost racordate la sistemul energetic național toate localitățile rurale din județul Iași.

Volumul fondurilor fixe în perioada 1961—1979 a crescut de 16 ori, iar 99% din instalațiile energetice ale întreprinderii au fost construite în perioada 1965—1979.

Personalul muncitoresc al întreprinderii este calificat în proporție de 98%, prin școli profesionale sau licee de specialitate, asigurat în cea mai mare parte de către Liceul energetic din subordinea întreprinderii.

Ne bucurăm de o colaborare strînsă cu Institutul politehnic Iași și cu institutele de specialitate din cadrul M.E.E.

Paralel cu dezvoltarea instalațiilor electroenergetice, a perfecționării personalului, o mare dezvoltare au cunoscut, în special în ultima perioadă, preocupările și realizările deosebite pe linia îmbunătățirii condițiilor sociale, materializate în construirea unui cămin pentru nefamiliști, a două blocuri cu 59 apartamente, a trei sedii de centre de rețele, a bazei de agrement și altele.

Din anul 1978, întregul colectiv al întreprinderii beneficiază de programul redus de lucru și din luna septembrie a.c. s-a trecut la etapa II de majorare a retribuției.

Stadiul actual de dezvoltare al energeticii ieșene reflectă cu pregnanță saltul calitativ înregistrat de țara noastră atît pe plan economic, cît și social-cultural și în alte domenii.

Astăzi, într-o singură zi, întreprinderea distribuie o cantitate de energie electrică egală cu producția pe un întreg an produsă de toate uzinele electrice din județul Iași înainte de 23 August 1944.

În ceea ce privește perspectivele care se deschid în fața colectivului nostru în perioada 1981—1985, conform proiectului de plan întocmit, subliniem că acestea se vor materializa în creșterea volumului de instalații energetice cu peste 50%, se vor construi peste 250 de posturi de transformare, 3500 km rețele electrice, se vor executa 65 000 de instalații electrice interioare pentru populație (se preconizează să fie electrificate toate gospodăriile individuale din mediul rural), se va îmbunătăți în continuare dotarea tehnică a întreprinderii.

Stimați tovarăși,

Acestea au fost sintetic realizările obținute pînă în prezent și perspectivele de viitor în ceea ce privește dezvoltarea bazei energetice a întreprinderii, dar trebuie să menționez că întreaga capacitate a întreprinderii este orientată pe creșterea eficienței economice și tehnice, pe utilizarea rațională a energiei electrice, atît în ceea ce privește consumul intern cît și la consumatorii deserviți de întreprindere, pe creșterea productivității muncii, reducerea cheltuielilor materiale și a celor administrativ-gospodărești, pe realizarea producției nete, pe traducerea în fapt a tuturor pîrghiilor noului mecanism economico-financiar elaborat de Plenara C.C. al P.C.R. din aprilie 1978 — așa după cum s-a subliniat și în cadrul Conferinței de partid pe întreprindere din 9 octombrie.

Menționez că în prezent întreprinderea a îndeplinit prevederile planului cincinal la producția globală industrială, iar pînă la sfîrșitul acestui an va realiza prevederile cincinalului la producția de construcții-montaj, producția netă, producția globală la activitatea de proiectare, iar în ce privește restul indicatorilor toate prevederile de plan vor fi realizate înainte de termen.

Desigur mai avem multe de făcut. Documentele puse în dezbaterea întregului popor, ce vor fi adoptate la Congresul al XII-lea al P.C.R., ridică în fața colectivului nostru rezolvarea problemelor legate de creșterea calității lucrărilor executate, modernizarea instalațiilor existente, extinderea telemecanizării stațiilor de transformare și a punctelor de alimentare, mecanizarea lucrărilor de birou, perfecționarea calificării personalului în vederea măririi fiabilității instalațiilor, precum și creșterea rolului conducerii colective în rezolvarea problemelor majore ale întreprinderii.

Stimați tovarăși,

Colectivul întreprinderii a ținut să marcheze Ziua energeticianului din acest an și împlinirea a 80 de ani de energetică ieșeană prin organizarea, în colaborare cu C.N.I.T., M.E.E., I.S.P.E. și ICEMENERG, a celui de-al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", ale cărui lucrări vor începe imediat după această ședință festivă.

În numele Comitetului de partid, al Consiliului oamenilor muncii, al Comitetului sindicatului și al întregului nostru colectiv de muncă, aduc mulțumirile noastre tuturor participanților la cel de-al V-lea Simpozion privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice și le urăm succes deplin în munca ce o vor desfășura în cadrul acestui simpozion.

De asemenea am sarcina din partea organelor de conducere colectivă din I.R.E. Iași să felicit călduros pe toți energeticienii cu ocazia Zilei energeticianului 1979 și să-i asigur că energeticienii ieșeni se angajează să depună toate eforturile pentru realizarea în cele mai bune condiții a politicii energetice, ale cărei direcții principale sînt cuprinse în documentele supuse dezbaterii Congresului al XII-lea al partidului.

Cuvîntul rostit de tov. prof. dr. ing. *V. I. Nitu*, director tehnic ISPE

Stimate tovarășe și stimați tovarăși,

Cel de-al V-lea Simpozion privind Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice are loc în orașul Iași, orașul marilor realizări pe plan științific, cultural și în domeniul tehnicii, datorită contribuției unor personalități de seamă, dintre care unii de renume mondial: Petre Poni, Al. Filippide, Ștefan Procopiu, Constantin Parhon, Alexandru Mangeron și alții.

În anul 1883, personalități remarcabile, ca Leon Negruzzi și Nicolae Gane, au avut un rol important direct pentru introducerea în orașul Iași a iluminatului electric.

Simpozionul al V-lea se desfășoară azi în împrejurări cu totul deosebite pentru energeticienii din acest oraș, cît și pentru energeticienii din întreaga țară, prilejuite de împlinirea a 80 ani de la punerea în funcțiune a Uzinei de electricitate Iași, eveni-

ment care a avut loc la 6 mai 1899, fiind una dintre cele mai vechi uzine din țara noastră, realizată după un proiect unitar de iluminat electric al întregului oraș, elaborat în 1896 de inginerul român Laurențiu Teodoreanu.

Traducerea în viață a primului plan de electrificare, elaborat în 1950 într-o viziune unitară pe ansamblul țării, precum și cincinalele care au urmat au oferit județului Iași, ca și celorlalte județe ale țării, asigurarea dezvoltării energetice a acestui județ, încadrată în evoluția prevăzută pentru dezvoltarea întregii economii naționale.

Dezvoltarea electrificării tuturor județelor țării a constituit preocuparea majoră a statului nostru.

Eforturile depuse au asigurat rezultate remarcabile, concretizate în creșterea puterii instalate, a producției și consumului de energie electrică a țării.

Astfel, în ultimii 28 de ani puterea instalată în centralele electrice a sporit de la circa 700 MW în 1960 la 14 068 MW în 1978, reprezentînd o creștere de 20 de ori.

Din totalul puterii instalate în anul 1978, centralele hidroelectrice au reprezentat 3102 MW, iar centralele termoelectrice 10 966 MW, iar din totalul energiei electrice produse în 1978 în centralele termoelectrice, circa 30,2% a fost furnizată de centralele electrice pe cărbune, față de circa 22,4% cît era în 1960. Aceasta a determinat o reducere corespunzătoare a consumului de hidrocarburi, în concordanță cu politica energetică adoptată de conducerea de partid și de stat din țara noastră. Corespunzător acestei puteri instalate, consumul de energie electrică a sporit de la 7,6 miliarde kWh în anul 1960 la 62,8 miliarde kWh în 1978. O asemenea creștere a consumului de energie electrică se datorește procesului continuu de industrializare, extinderii mecanizării și automatizării proceselor din industrie și agricultură, precum și creșterii consumului casnic. Consumul de energie electrică pe locuitor a crescut de la 414 kWh în 1960 la 2900 kWh în 1978. Au fost înregistrate ritmuri medii anuale importante de creștere a consumului: de circa 17,4% în perioada 1961—1965, de 14,1% în perioada 1966—1970 și de circa 9,4% în perioada 1971—1975, reprezentînd, față de alte țări, creșteri foarte înalte de dezvoltare.

În prezent țara noastră dispune de un sistem energetic dezvoltat, conceput la un nivel tehnic realizat cu echipamente moderne, în bună parte din producția indigenă, care cuprinde întreg teritoriul țării, ceea ce creează condiții pentru amplasarea consumatorilor în funcție de cerințele economiei naționale, ale dezvoltării industriale și sociale a tuturor județelor țării.

Astfel, în structura centralelor electrice o pondere importantă în producerea energiei electrice o au grupurile de mare putere instalate în centrale electrice, realizate sau prevăzute cu o putere totală pe o centrală din ce în ce mai mare (unele dintre ele cu profil final de 2600 MW în viitorul apropiat, ca, de exemplu, CTE Turceni).

În prezent, în centralele electrice de condensație sînt în funcțiune și în curs de montaj grupuri cu puteri unitare de 330 MW, iar în centralele electrice de termoficare grupuri cu puteri unitare de 50 și 125 MW, asimilate și realizate de industria indigenă. Prin parametrii tehnici realizați, ele asigură un consum specific de combustibil mai scăzut. Acest consum s-a redus de la 341 g c.c/kWh în 1970 la 318,6 g c.c./kWh în 1978.

În domeniul transportului energiei electrice de la surse la consumatori s-a realizat un ansamblu de rețele electrice de 110, 220 și 400 kV, cuprinzînd întreg teritoriul țării. Lungimea totală a acestor rețele la nivelul anului 1978 a fost de 22 137 km, din care 3325 km linii de 400 kV, 3437 km linii de 220 kV și 15 375 km linii de 110 kV.

Întreg echipamentul electrotehnic necesar rețelelor electrice de distribuție și transport, inclusiv de 400 kV, este asigurat de industria indigenă.

Caracterul buclat al rețelei de 220 și 400 kV, cu creșterea importantă a rețelei de 400 kV, asigură în mod eficient, din punct de vedere tehnic și economic, continuitatea în alimentarea consumatorilor în diverse situații caracteristice de funcționare și de indisponibilitate posibilă a elementelor din centrale și rețea, precum și realizarea reducerii importante a pierderilor în rețeaua de transport. Ponderea pierderilor de energie electrică a scăzut de la 9,4% în 1970 la circa 6,6% în 1977.

Creșteri importante în domeniul energetic a cunoscut și județul Iași, precum și orașul Iași. Astfel, la 25 decembrie 1957 Uzina electrică a orașului Iași a fost interconectată la sistemul energetic național printr-o rețea de 110 kV.

În anul 1965 a fost pusă în funcțiune centrala electrică de termoficare (CET Iași) cu două grupuri de 25 MW, care ulterior a fost amplificată cu un grup de 50 MW, urmînd să fie instalate în continuare și alte grupuri.

În 1973 a fost realizată interconectarea la sistemul energetic național a centrului Iași la tensiunea de 220 kV, printr-o linie de 220 kV dublu circuit, Iași — Borzești, și o stație de 220/110 kV alimentată din CET Borzești.

În perspectiva 1981—1985, studiile au arătat necesitatea realizării și a unei racordări la tensiunea de 400 kV, ținînd seama de dezvoltarea industrială importantă prevăzută pentru județele Iași și Vaslui. Toate aceste instalații sînt încadrate într-o concepție unitară de organizare și dezvoltare a rețelelor electrice de foarte înaltă tensiune ale Moldovei, care la rîndul ei este încadrată optim în structura generală a rețelei pe întreaga țară.

În studierea organizării și dimensionării rețelei, siguranța în funcționare a constituit una dintre preocupările de bază ale proiectării și exploatării.

Dacă în 1971 primul simpozion de siguranță ținut la Galați a avut menirea să facă cunoscute unui număr cît mai larg de specialiști preocupările în problemele de siguranță, corespunzătoare cerințelor de atunci, lucrările celui de-al V-lea simpozion se caracterizează printr-o lărgire considerabilă a sferei de probleme și a cercului celor preocupați de ele. Acestea au fost impulsionate de condițiile ce se impun în prezent la conceperea, dezvoltarea și exploatarea instalațiilor energetice funcționînd în contextul unor sisteme energetice puternice, la nivel de întreprindere, platformă industrială, centre urbane și rurale, pe zone energetice, precum și pe ansamblul sistemului energetic național, a căror perturbare în funcționare peste anumite limite poate avea consecințe apreciabile la nivel local sau la nivel național.

Proiectarea, conducerea și exploatarea sistemului electroenergetic au în vedere cerințele de perspectivă ale economiei naționale, precum și implicațiile pe care le generează criza energetică ce se manifestă pe plan mondial.

In ultimii ani și pentru viitor vor avea loc importante modificări structurale în asigurarea și utilizarea resurselor energetice, în dezvoltarea sistemului energetic național, ale căror linii directoare au fost conturate în documentele Congresului al XII-lea al P.C.R.

În Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000, o atenție deosebită se acordă îmbunătățirii organizării și funcționării sistemului electroenergetic. Un rol important se atribuie cercetărilor pentru creșterea siguranței în funcționarea sistemului electroenergetic național, precum și a echipamentelor și instalațiilor din centrale și rețele electrice. În document se menționează în mod explicit direcțiile spre care vor fi îndreptate aceste cercetări în domeniul siguranței.

Astfel, se prevăd, la nivel de stat, cerințe de cercetare în domeniul:

— perfecționării metodelor și dispozitivelor de protecție și automatizare în vederea creșterii stabilității sistemului energetic și prevenirii avariilor;

— perfecționării criteriilor de dimensionare a rezervei de putere în cadrul sistemului energetic, în vederea asigurării continuității în alimentarea consumatorilor, cît și limitarea la strictul necesar a cheltuielilor de investiții;

— creșterii siguranței în exploatarea blocurilor termoenergetice funcționînd pe cărbune, a liniilor și stațiilor electrice;

— încadrării și funcționării sigure în sistemul energetic național a centralelor nuclearoelectrice și a centralelor termoelectrice pe șisturi combustibile;

— dezvoltării colaborării privind interconectarea sistemelor electroenergetice naționale, al României cu celelalte țări membre ale CAER, pentru livrarea reciprocă de energie electrică disponibilă datorită nesimultaneității vîrfurilor de sarcină, precum și pentru întrajutorare cu putere de rezervă în caz de necesitate.

Este de la sine înțeles că rezolvarea corespunzătoare a acestui ansamblu de probleme va necesita cu atît mai mult aprofundarea și perfecționarea activității cerute pe direcțiile principale menționate mai sus.

Cu multă satisfacție trebuie subliniat că majoritatea referatelor prezentate de diverși autori se încadrează, sub o formă sau alta, în aceste prevederi ale directivelor, ele reprezentînd un cadru de bază pentru evidențierea în continuare a preocupărilor noi și a căilor viitoare de perfecționare a modelelor matematice de modelare a siguranței pe termen scurt și pe termen lung, precum și a programelor de calcul respective.

Așa cum s-a anunțat și în program, în cadrul celui de-al V-lea simpozion referatele au fost împărțite, ca specific, pe trei grupe, și anume :

— Grupa I — Metode și procedee de calcul privind siguranța în funcționare, disponibilitatea grupurilor în centralele electrice, separarea automată a sistemului pentru prevenirea extinderii avariilor. În această grupă sînt prezentate 29 de referate.

— Grupa II — Influența modului de realizare și exploatare a instalațiilor asupra siguranței în funcționare. Analiza gradului de siguranță obținut în cazul unor scheme concrete. La această grupă sînt prezentate 14 referate.

— Grupa III — Soluții tehnice aplicate pentru mărirea siguranței în funcționare. La această grupă sînt prezentate 12 referate.

Pentru noi toți este clar că, față de nivelul actual de dezvoltare a sistemului energetic și al sarcinilor ce ne revin în viitor, a apela la calcule de siguranță este o necesitate absolut obiectivă și indiscutabilă.

Astfel, de exemplu, prin nici o altă cale nu vom putea optimiza rezerva puterii în centralele sistemului energetic, configurația rețelelor pentru evacuarea puterii din marile centrale electrice spre zonele consumatoare, schemele de alimentare a unor întreprinderi sau mari platforme industriale, orașe și chiar sate, decît apelînd la calcule de siguranță din cele mai perfecționate.

În condițiile actuale, în care problema reducerii normelor este atît de acută, cunoașterea, la luarea deciziilor de realizare și exploatare a obiectivelor, a nivelului de risc acceptat în cadrul optimizării funcționării este o problemă deosebit de importantă.

O caracteristică generală a majorității referatelor este preocuparea pentru promovarea și realizarea unor concepții și soluții tehnice moderne de dezvoltare optimă a sistemului energetic național, în ansamblu și în componentele sale principale, în condițiile satisfacerii unei politici de gospodărire rațională a combustibilului și energiei, mărirea siguranței în funcționare și obținerea unor indicatori tehnico-economici superiori de realizare a obiectivelor energetice.

Avînd în vedere că în țara noastră există o bună tradiție și o activitate care ne situează la nivelul țărilor celor mai dezvoltate în ceea ce privește metodele și amploarea aplicațiilor, atenția noastră, a tuturor, trebuie să fie îndreptată pentru soluționarea optimă a problemelor prevăzute în Programul-directivă la cel de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român.

În acest sens, ar fi de dorit, deci, ca fiecare dintre noi să-și aducă contribuția în cadrul schimbului de vederi prilejuit de acest simpozion cît și de sărbătorirea a 80 de ani de la punerea în funcțiune a Uzinei de electricitate Iași, pentru o mai bună orientare a activității în viitor.

Încheind, aș dori să urez un succes deplin celui de-al V-lea Simpozion de siguranță, ce se deschide astăzi în vechea cetate de scaun a Moldovei — Municipiul Iași — , simpozion care are loc sub semnul celui mai important eveniment din viața poporului nostru, Congresul al XII-lea al partidului.

Cuvîntul rostit de dr. ing. *Gh. Bălan*, director adj. științific al ICEMENERG

Stimate tovarășe, stimați tovarăși !

În aceste zile de toamnă ieșeană, energeticienii de pe aceste meleaguri, împreună cu colegii lor din celelalte regiuni ale țării, sărbătoresc trei evenimente : 80 de ani de la punerea în funcțiune a Uzinei de electricitate Iași, al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice" și Ziua energeticianului.

În numele Institutului central de cercetări energetice și al ICEMENERG, permiteți-mi să felicit colectivul merituos al IRE Iași, continuatorul tradițiilor vechiului colectiv al Uzinei de electricitate, de la a cărei punere în funcțiune se împlinesc azi 80 de ani. Le urez succes în activitatea profesională și multă sănătate tuturor oamenilor muncii din acest colectiv fruntaș.

Uzina de electricitate Iași se înscrie printre primele uzine electrice din România și poate fi considerată în eșalonul de început al uzinelor electrice pe plan mondial.

Vorbind cu emoție, dar și cu mîndrie națională, de înființarea cu 80 de ani în urmă a acestei unități, nu trebuie să uităm că ea a constituit o primă școală la care

s-au format un număr însemnat de energeticieni de prestigiu. Ea a constituit de asemenea nucleul de bază al Întreprinderii de rețele electrice Iași.

Ne bucurăm din toată inima că actualul IRE continuă tradiția, preluînd și îmbogățind eforturile vechii Uzine de electricitate, în special în domeniul distribuției energiei electrice, dezvoltîndu-se ca un colectiv viguros, pregătit să facă față complexelor probleme energetice actuale.

Modul cum conducerea IRE Iași a știut să sărbătorească acest important eveniment și pe pionierii energeticii românești constituie încă o dovadă a frumoaselor tradiții moldovene, de respect pentru trecutul nostru, de respect pentru înaintașii noștri.

Simultan cu această emoționantă aniversare a Uzinei de electricitate Iași, astăzi se întîlnesc, pentru a cincea oară, o parte din cadrele cele mai calificate din centralele M.E.E., specialiști din învățămîntul superior, din alte ministere și organe centrale, pentru a dezbate probleme majore la ordinea zilei, privind siguranța în funcționare a instalațiilor din sistemul energetic național și asigurarea cu energie electrică și cu căldură a unităților de bază ale industriei românești.

Intrate în tradiție, simpozioanele cu tematica propusă se înscriu pe o linie ascendentă în ce privește atît actualitatea problemelor cu care se confruntă sistemul energetic național, cît și caracterul practic al lucrărilor prezentate.

La realizarea acestor obiective importante pentru energetică, întregul colectiv de oameni ai muncii din ICEMENERG își aduce o contribuție importantă în următoarele domenii:

— cercetări în domeniul echipamentului termo, hidro și electroenergetic;
— cercetări în domeniul automaticii de sistem și de rețea;
— asimilarea unor produse noi care contribuie la creșterea siguranței în funcționare a instalațiilor energetice, ridicarea productivității muncii și sporirea securității muncii la lucrări;
— asistența tehnică la rezolvarea unor probleme importante din exploatare, cît și la punerea în funcțiune a unor obiective energetice;
— recepția echipamentelor destinate sistemului energetic.

O parte din aceste preocupări se vor prezenta în cadrul simpozionului.

Sărbătorirea Zilei energeticianului constituie pentru noi toți un imbold în desfășurarea activităților noastre de viitor. În acest sens, însuși simpozionul de față constituie un aport direct la această sărbătorire.

În încheiere, urînd succes deplin lucrărilor simpozionului, țin să mulțumesc conducerii IRE Iași atît pentru invitația făcută, cît și pentru rolul de gazdă ospitalieră a celui de-al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice".

Cuvîntul rostit de tov. dr. ec. *Gh. Mustață*, din partea Comitetului județean P.C.R. Iași

Stimați tovarăși,

Desfășurarea la Iași a celui de-al V-lea Simpozion național privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice, prilejuit de sărbătorirea a 80 de ani de energetică ieșeană și a Zilei energeticianului, avînd loc sub egida Consiliului Național al Tehnicienilor și Inginerilor și a M.E.E., se înscrie în ansamblul marilor manifestări prin care oamenii muncii, întregul nostru popor întîmpină cel de-al XII-lea Congres al P.C.R., eveniment politic de importanță majoră în viața partidului și poporului nostru. Înfăptuirile de importanță istorică obținute de poporul român în anii construcției socialiste sînt strîns legate de politica științifică a partidului în opera de construire a socialismului, a societății socialiste multilateral dezvoltate în România și de înaintare spre comunism.

Potrivit orientărilor stabilite în anii construcției socialiste, România a cunoscut cele mai înalte ritmuri de dezvoltare socială, ocupînd sub acest aspect primul loc în Europa și al doilea în lume după Japonia, ceea ce a făcut ca în ultimii 28 de ani produsul social și venitul național să crească de 13 ori, producția industrială de 29 de ori, producția agricolă de 3,5 ori, exportul de mărfuri de 28 de ori, iar volumul investițiilor de peste 31 ori. Venitul național pe locuitor în această perioadă a crescut cu 8,5%, productivitatea muncii cu 7,9%, retribuția reală cu 5%, veniturile reale pe un

locuitor cu 5,5 %, ceea ce a contribuit nemijlocit la creşterea nivelului de trai material şi spiritual al întregului popor. Aşa cum este cunoscut, o atenţie deosebită s-a acordat repartizării raţionale în teritoriu a forţelor de producţie, ridicării tuturor judeţelor şi localităţilor pe noi culmi de civilizaţie şi progres. În acest cadru, judeţul Iaşi a beneficiat de o atenţie deosebită pentru dezvoltarea sa economică şi socială. A fost înfăptuit un program de investiţii de peste 4 miliarde lei, din care peste 50 % a fost orientat spre dezvoltarea industrială. Au fost construite mari platforme industriale atît în Municipiul Iaşi, cît şi în oraşele de pe cuprinsul judeţului. Astăzi, judeţul Iaşi, din totalul pe ţară, deţine o pondere de 2,7 % la producţia industrială şi 2,9 % la producţia globală agricolă, 2,9 % la numărul total de muncitori, 3 % la investiţii, 28 % la desfaceri de mărfuri cu amănuntul, ceea ce, din acest punct de vedere, îi asigură un loc fruntaş, fiind în în primele 13 judeţe ale ţării.

O puternică dezvoltare au cunoscut ramurile de vîrf, purtătoare ale prestigiului tehnic, industria construcţiilor de maşini, metalurgia feroasă şi chimia, alături de care se înscrie industria energiei electrice şi termice, care la un loc deţin azi 58,3 % din producţia totală industrială a judeţului.

Au fost construite şi puse în funcţiune mari obiective industriale, cum ar fi : Întreprinderea metalurgică, C.F.S., Întreprinderea „Tehnoton" ş.a., au intrat în funcţiune unele secţii de la CUG, iar la Paşcani Intreprinderea de traductoare şi regulatoare directe se află în stadiu avansat de construcţie, toate unităţi mari consumatoare de curent electric.

Deşi judeţul Iaşi este sărac în ramura combustibilului şi energiei, s-a bucurat de o atenţie deosebită, atît prin construirea CET Iaşi cît şi prin dezvoltarea reţelei de transport şi de distribuţie a energiei electrice, care a cunoscut o dezvoltare accelerată şi a contribuit în mod nemijlocit la întreaga dezvoltare economică şi socială a judeţului.

Stimaţi tovarăşi, ne aflăm în afaţa unor sarcini de mare răspundere pentru dezvoltarea economică şi socială a României socialiste, îndeplinirea planului cincinal 1976—1980, a angajamentelor asumate de Conferinţa Naţională a partidului din 1977 şi a pregătirii corespunzătoare a planului cincinal 1981—1985, care va fi aprobat de Congresul al XII-lea al P.C.R. Se amplifică eforturile ce trebuie depuse pentru economisirea combustibililor şi energiei, pentru care colectivele de cercetare de la institutele specializate din învăţămînt şi unităţile economice sînt chemate să-şi aducă aportul la intensificarea dezvoltării de noi resurse de energie, la perfecţionarea tehnologiilor existente consumatoare de energie, de reducere accelerată a consumului energetic. Trebuie, de asemenea, depuse eforturi ca, într-o perioadă relativ scurtă, să ajungem la nivelurile atinse pe plan mondial la consumurile energetice pe unitatea de produs, astfel încît, prin identificarea unor noi surse de energie şi raţionalizarea consumului, să se realizeze pînă la sfîrşitul deceniului viitor obiectivul major trasat de politica noastră energetică, şi anume independenţa României din punct de vedere energetic.

Simpozionul de azi, la care participă eminenţi cercetători, cadre didactice şi practicieni din domeniul energiei electrice, la un loc cu şcoala românească de energetică, sînt chemaţi să-şi aducă din plin contribuţia la orientarea priorităţilor de etapă şi de perspectivă ale energeticii naţionale, la înfăptuirea prevederilor proiectului de Directive ale Congresului al XII-lea al partidului pentru ramura energiei electrice şi termice, pentru a contribui la eforturile generale ale întregului nostru popor de ridicare pe noi culmi de civilizaţie a României socialiste.

În numele Biroului Comitetului judeţean P.C.R. Iaşi, cu ocazia Zilei energeticianului şi a celei de-a 80-a aniversări a energeticii ieşene, vă urez succes deplin în desfăşurarea lucrărilor simpozionului şi noi succese în activitatea de viitor.

Cuvîntul rostit de tov. *Cornel Scurtu*, din partea Comitetului Uniunii Sindicatelor din întreprinderile miniere, petrol, geologie şi energie electrică

Stimate tovarăşe şi stimaţi tovarăşi!

Vă rog să-mi permiteţi ca în numele Biroului executiv al Comitetului Uniunii Sindicatelor din întreprinderile miniere, petrol, geologie şi energie electrică şi al meu personal, să transmit un călduros salut colectivului de energeticieni al IRE Iaşi, tuturor energeticienilor din judeţ şi din ţară în legătură cu apropiata sărbătorire a Zilei

energeticianului, marcată fericit aici prin sărbătorirea a 80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice a Municipiului Iași.

Evenimentul este marcat și prin această importantă manifestare la care participăm : cel de-al V-lea simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", organizat de CNIT, M.E.E., ISPE, ICEMENERG și IRE Iași.

După cum a reieșit din expunerea tov. director Vasiliu, energeticienii ieșeni se prezintă cu un bilanț bogat de realizări la această aniversare.

Este cunoscut faptul că nu demult întreprinderea a fost decorată prin decret prezidențial cu Ordinul Muncii cl. a II-a pentru locul II ocupat pe țară în întrecerea socialistă.

În ultimii ani și anul acesta, colectivul întreprinderii se află printre cele mai bune colective din unitățile similare din țară și cred că există ambiția și puterea de a se situa din nou pe primul loc la sfîrșitul anului.

Vreau să remarc, pe lîngă rezultatele bune obținute pe linie economică și realizările pe linie socială, grija pentru îmbunătățirea condițiilor de muncă și de viață ale oamenilor.

Cu multă satisfacție constat prezența în sală a trei generații ale întreprinderii, de la cei care au muncit zeci de ani în unitate, astăzi pensionari, la cei care lucrează astăzi și pînă la tînăra generație a elevilor liceului energetic.

Cred că veți fi de acord să mulțumim tuturor celor care prin munca lor desfășurată în condiții mult mai grele au adus energetica românească și ieșeană la nivelul pe care îl are astăzi.

Referindu-ne la viitor, cred că ați putea spune : „Vom fi ce am fost, și mai mult decît atît", cum spunea pe aceste meleaguri cu peste 400 ani în urmă Petru Rareș.

Ca și în anii anteriori, în întreaga țară au loc ample acțiuni de sărbătorire a Zilei energeticianului. Constatăm cu multă satisfacție că instituționalizarea Zilei energeticianului a generat în întreaga țară ample manifestări orientate spre problemele de fond cu care se confruntă sistemul energetic național, de întărire a spiritului de ramură, de solidaritate și unitate în faptă și gînd.

Anul acesta, prin semnificația deosebită dată întregii noastre activități de cel de-al XII-lea Congres al Partidului, energeticienii își unesc eforturile pentru a întîmpina Congresul cu noi și importante realizări, pentru a crea toate condițiile realizării sarcinilor ce derivă din documentele sale.

În acest context se înscriu și lucrările simpozionului privind siguranța în funcționare a instalațiilor energetice, care prin conținutul său va aduce o contribuție la înfăptuirea sarcinilor majore ce revin ramurii.

Urez deplin succes lucrărilor simpozionului și mulțumesc organizatorilor.

În încheiere urez colectivelor de energeticieni de la IRE Iași, Uzina electrică Iași, Șantierelor electromontaj și energoconstrucția din Iași multă sănătate, fericire, putere de muncă și noi succese.

Aspecte privind siguranța în funcționare a sistemului energetic național, în condițiile economisirii energiei

ing. **I. Măiereanu**
și dr. ing. **E. Pavel**
—M.E.E.—

Unul dintre obiectivele fundamentale ale dezvoltării economico-sociale în cincinalul 1981—1985, prevăzute în proiectul de Directive ale Congresului al XII-lea al P.C.R. cu privire la dezvoltarea economico-socială a României în cincinalul 1981—1985 și orientările de perspectivă pînă în 1990, este „creșterea bazei energetice prin punerea mai bună în valoare a resurselor naționale, trecerea pe scară tot mai largă la utilizarea noilor surse de energie, aplicarea unui regim sever de economisire a combustibilului și energiei în toate ramurile și sectoarele de activitate".

Dezvoltarea producției de energie electrică în cincinalul următor se va face prin centrale termoelectrice pe cărbuni și șisturi bituminoase, astfel încît în anul 1985 această categorie de centrale să asigure aproape 60% din producție.

Centralele hidroelectrice vor avea în același an o pondere în producție de 20%.

De asemenea se are în vedere schimbarea actualului sistem de asigurare a energiei termice, organizîndu-se o rețea amplă de centrale electrice de termoficare.

Proiectul Programului-directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000 precizează că orientarea fundamentală a cercetării energetice „va trebui să fie asigurarea condițiilor ca în următorul deceniu România să devină independentă din punct de vedere al aprovizionării cu energie și combustibil". Se vor dezvolta, în continuare, cercetările privind „perfecționarea structurii și funcționării sistemului energetic național" în scopul alimentării consumatorilor de energie electrică *în condiții de maximă siguranță* și înaltă economicitate.

Proiectul Programului-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000 cuprinde un vast și complex grup de măsuri pentru îmbunătățirea organizării și funcționării sistemului electroenergetic. Între altele se precizează necesitatea îmbunătățirii în continuare a *structurii sistemului* energetic național, prin stabilirea de amplasamente optime ale centralelor electrice. Vor fi create condiții pentru posibilitatea funcționării sistemului electroenergetic pe zone autonome în unele cazuri de avarii mai extinse.

*

Dezvoltarea sistemului electroenergetic românesc s-a făcut în condițiile naturale ale țării noastre, ținîndu-se seama de localizarea surselor de combustibil și de alte forme de energie primară. Astfel, centralele hidroelectrice s-au amplasat în bazinele hidraulice ale rîurilor și pe Dunăre, iar centralele pe cărbune, lîngă bazinele carbonifere aferente. Pentru repartizarea mai uniformă a puterii instalate pe teritoriul țării, au fost amplasate în zonele mai sărace în energie primară centrale electrice pe hidrocarburi (gaze sau păcură) combinate, după necesități, cu producerea de căldură.

În acest fel, repartiția teritorială a puterii instalate în România era la începutul anului 1978 după cum urmează:

- 32,86% în Oltenia;
- 26,83% în Muntenia;
- 1,29% în Dobrogea;
- 14,03% în Moldova;
- 22,40% în Transilvania centrală și de nord;
- 2,59% în Transilvania de vest.

Calculînd densitatea de putere instalată pe unitatea de suprafață a teritoriului și puterea instalată pe mia de locuitori, se obțin datele din tabelul următor:

Zona	Densitatea de putere instalată $\left[\frac{MW}{100\ km^2}\right]$	Putere instalată la 1000 loc. $\left[\frac{kW}{1000\ loc.}\right]$
Oltenia	15,26	1896,65
Muntenia	7,79	565,57
Dobrogea	1,14	202,43
Moldova	4,15	432,08
Transilvania centrală și de nord	4,53	576,46
Transilvania de est	1,08	157,60
TOTAL R.S.R.	5,74	629,43

Se observă că atît densitatea cea mai mare a puterii instalate, cît și puterea instalată la mia de locuitori se găseau în zona Oltenia, unde resursele de energie primară sînt abundente.

Dezvoltarea industrială uniformă a tuturor județelor țării va conduce la o oarecare uniformitate a necesităților de energie electrică. Din punctul de vedere al siguranței funcționării sistemului energetic, se impune și o tendință de uniformizare a densităților de putere instalată în centrale pe unitatea de suprafață a țării.

Criza energiei, și în special limitele tehnice și economice ale rezervelor de hidrocarburi, a impus ca pentru viitor să se renunțe la folosi-

rea acestora pentru producerea de energie electrică nu numai la centralele în curs de proiectare, ci chiar și la cele în funcțiune.

Soluția pentru viitor care să răspundă cît mai bine la aceste deziderate va fi proiectarea și realizarea unor centrale nucleare, care, fiind independente de amplasarea surselor de combustibil, vor putea fi așezate astfel încît să se asigure — în cazuri de avarii mai extinse — funcționarea sistemului electroenergetic pe zone autonome. Desigur că și pînă atunci sînt necesare măsuri pentru asigurarea unor scheme de funcționare — pe cît posibil în caz de avarii — pe zone autonome.

În această perioadă de trecere se prevede construirea unor centrale pe cărbuni, în special de termoficare, și intensificarea programului de construire a centralelor hidroelectrice.

Desigur că se vor dezvolta în continuare și actualele centrale pe cărbuni în conformitate cu proiectele aprobate.

Pentru a evidenția evoluția puterilor produse și cerute pe zone, ținînd seama de programul de construcții de centrale și de necesitatea opririi centralelor pe hidrocarburi, vom prezenta, în valori procentuale din puterea de vîrf probabilă a anului respectiv, contribuția la producția de energie a fiecărei zone, precum și consumul procentual corespunzător.

Zona	Contribuție la vîrf, %		
	1980	1985	1990
Oltenia	39,96	42,64	32,73
Muntenia	17,42	17,85	17,46
Dobrogea	9,61	5,52	12,23
Moldova	9,47	6,66	6,68
Transilvania centrală și de nord	11,76	7,33	12,43
Transilvania de vest	11,78	20,00	18,47
Total	100,00	100,00	100,00

Zona	Consumul la vîrf, %		
	1980	1985	1990
Oltenia	13,74	13,02	12,28
Muntenia	26,42	26,43	24,85
Dobrogea	11,97	12,94	13,45
Moldova	12,94	14,24	15,80
Transilvania centrală și de nord	18,35	18,15	19,00
Transilvania de vest	16,58	15,22	14,22
Total	100,00	100,00	100,00

Din compararea celor două tabele rezultă că zona Oltenia va rămîne în continuare excedentară cu procente de: 26,22 în 1980, 29,62 în 1985, scăzînd în anul 1990 la 20,45. Celelalte zone rămîn deficitare, cu excepția zonei Transilvania de vest, care se va transforma din zonă deficitară în zonă excedentară chiar în cursul cincinalului 1981—1985.

Se mai remarcă faptul că în unele zone, pînă la punerea în funcțiune a unor noi centrale, deficitul se va accentua pînă în 1985, urmînd să se diminueze în cincinalul 1986—1990.

Ca urmare trebuie să remarcăm existența unei perioade de tranziție, care va cuprinde cincinalul următor, pînă la obținerea unei densități mai uniforme de putere pe unitatea de suprafață. În această perioadă se va face în continuare transport important de putere electrică din sud-estul țării noastre spre est și nord-est, ceea ce implică realizarea în continuare a unor puternice rețele de 400 kV, care să asigure vehicularea puterii necesare.

În concepția actuală despre siguranța în funcționare a sistemului energetic se impune acceptarea principiului ca nodurile importante să fie alimentate de două căi din sistem, sursele locale fiind considerate ca ajutătoare în cazuri extreme de avarii. Ca urmare, ideea existenței unui inel de rețele magistrale la care să se racordeze atît sursele principale de energie electrică cît și consumatorii importanți, trebuie susținută și urmărită pentru realizarea prin investițiile care se fac pas cu pas. Existența unui astfel de inel în viitor, chiar în cazul realizării uniformizării densităților de putere instalată în întreg teritoriul țării, va întări principiul autonomiei zonelor, permițînd o elasticitate mai mare în organizarea opririlor grupurilor pentru reparații, întrajutorare în cazuri de avarii, precum și posibilități mai largi pentru repartiția optimă a sarcinii între grupuri în scopul reducerii consumului specific de combustibil și a pierderilor tehnologice în rețele.

Gîndirea sistemică în concepția și proiectarea dezvoltării sistemului electroenergetic și a elementelor acestuia se impune pentru a avea o garanție mai bună pentru soluțiile adoptate.

Tratarea sistemică a diferitelor laturi ale problemei, ținînd seama de intercorelarea lor, ajută la optimizarea soluțiilor. În cele ce urmează se enumeră cîteva dintre cele mai importante.

Acoperirea curbei de sarcină în condițiile reducerii și anulării producției de energie electrică pe bază de hidrocarburi și amplificării producției din centralele de termoficare va avea ca efect o creștere a „rigidității" sistemului la variații de sarcină. Se știe că centralele electrice funcționînd cu cărbune au constante de timp mai mari și reacționează mai dificil la variații de sarcină, în special la variații bruște. Ca urmare, aceste centrale sînt destinate să funcționeze ca centrale de bază cu puteri practic constante. Aceleași caracteristici le au și centralele nucleare. Deci reglarea

variaţiilor de sarcină va trebui făcută cu centralele hidroelectrice, care sînt mult mai elastice.

Examinînd curba de sarcină probabilă în ziua de vîrf din 1985, se constată că diferenţa dintre vîrful de sarcină şi golul de noapte va fi de ordinul 22,5% din puterea de vîrf.

Puterea instalată în centralele hidroelectrice în aceeaşi perioadă va prezenta circa 29,0% din puterea instalată totală în sistem. Constatăm că, dacă ţinem seama şi de opririle pentru reparaţii şi de opririle accidentale posibile, în afară de faptul că centralele „à fil d'eau" vor funcţiona la bază, puterea reglantă a acestora se găseşte la limită. O posibilitate de mărire a acestei puteri va fi proiectarea, realizarea şi punerea în funcţiune încă din cincinalul 1981—1985 a unor centrale hidroelectrice cu acumulare şi pompaj, care ar ameliora funcţionarea sistemului în ansamblu.

Faptul că potenţialul hidroenergetic este limitat trebuie avut în vedere la stabilirea soluţiilor de viitor pentru acoperirea puterii reglante. Considerăm că una dintre opţiuni ar putea fi centrale care să funcţioneze parţial sau total cu gaze obţinute din gazeificarea cărbunilor. Această tehnologie nouă în proiectarea centralelor electrice pe cărbune permite creşterea elasticităţii la variaţii de sarcină.

Se ştie că în subsidiar astfel de centrale au mari avantaje din punctul de vedere al reducerii poluării mediului înconjurător. Astfel de centrale sînt în curs de experimentare, un prototip funcţionînd în R.F.G. încă din 1971. La conferinţa din aprilie 1979 care a avut loc la Londra cu subiectul „Energie din cărbune", specialişti din R.F.G. au prezentat cîteva date privind centrala de la Lünen, construită în anii 1970—1971. Alimentată cu gaz din cărbune obţinut prin gazogene de fabricaţie Lurgi, centrala este concepută cu un ciclu clasic de apă-abur, peste care se suprapune un ciclu cu turbină de gaze. Puterea instalată este de 170 MW. Trăsătura principală a centralei este viteza de variaţie a sarcinii, astfel că poate fi folosită pentru acoperirea variaţiilor la vîrful de sarcină. Randamentul global al centralei este de 37% la sarcină plină şi de 28% la jumătate de sarcină, concurînd în acest fel cu cele mai bune centrale clasice. Aceiaşi specialişti au informat conferinţa că este în curs de proiectare o altă centrală de acelaşi tip cu o putere de 400 MW. Astfel de centrale vor trebui să intre în structura sistemului energetic românesc, mărindu-se puterea reglantă cu o parte din puterea instalată în centralele pe cărbune.

Repartiţia mai uniformă a centralelor pe teritoriul ţării şi îmbunătăţirea structurii acestora pentru creşterea puterii reglante va avea ca urmare o îmbunătăţire simţitoare a stabilităţii funcţionării sistemului energetic în ansamblu. După cum s-a văzut mai sus, o asemenea situaţie va fi de aşteptat după anul 1985. Reducerea consumului de hidrocarburi va fi resimţită încă din anul 1980, accentuîndu-se deficitele de putere în zonele deja deficitare. Va creşte transportul de putere şi energie electrică pe distanţe mari, afectîndu-se în acest fel rezerva de stabilitate. De aceea sînt necesare măsuri speciale pentru creşterea siguranţei de funcţionare a sistemului energetic în perioada de tranziţie, care are o durată destul de mare.

În primul rînd trebuie avută în vedere creşterea siguranţei de funcţionare a centralelor electrice pe bază de cărbuni şi de şisturi bituminoase. O importanţă deosebită o are calitatea utilajelor şi aparatajului folosit; în acest scop intensificarea activităţii de control tehnic şi creşterea exigenţei au o pondere deosebită.

Simultan se impune perfecţionarea activităţii personalului de exploatare, care trebuie să facă saltul calitativ necesar utilizării agregatelor într-o concepţie modernă. Pregătirea personalului de exploatare, şi în special a cadrelor de conducere din exploatare, trebuie efectuată încă din perioada de proiectare şi construire a obiectivelor.

Concepţia şi proiectarea instalaţiilor trebuie de asemenea îmbunătăţită, în special prin corelarea mai bună a soluţiilor părţilor componente (partea tehnologică cu partea referitoare la instalaţiile auxiliare, partea termică cu partea electrică, corelarea circuitelor etc.).

Automatizările centralelor staţiilor şi reţelelor electrice trebuie corelate mai strîns cu funcţiunile primare.

Optimizarea automatizărilor trebuie să conducă la evitarea redondanţei, care, de multe ori, în loc să ajute la creşterea siguranţei, este generatoare de avarii.

În concepţia de proiectare şi dezvoltare a sistemului electroenergetic au fost aduse îmbunătăţiri remarcabile în urma analizelor unor avarii extinse care au avut loc în ţara noastră şi în alte ţări. S-a instituit principiul insularizării unor zone în aceste cazuri, iar în cazuri extreme separarea unor grupuri din centrale pe serviciile proprii. În acest scop au fost montate instalaţii de descărcare automată a sarcinii la scăderea frecvenţei într-o serie de noduri ale sistemului care vor funcţiona în cazul separării unei zone de restul sistemului, asigurîndu-se reducerea puterii consumate la nivelul puterii produse. Se vor monta dispozitive automatizate pentru prevenirea apariţiei de suprasarcini periculoase în reţelele de înaltă tensiune prin descărcarea de sarcină pe baza controlului puterii vehiculate, evitîndu-se astfel intrarea sistemului în instabilitate. De asemenea se va asigura o reţea de teletransmisii de mare fiabilitate între punctele de dispecer şi

nodurile importante ale sistemului, în scopul realizării unui sistem complex de automatică combinată cu comenzi centralizate. Desigur astfel de instalații presupun și creșterea competenței, specializării și disciplinei personalului de dispecer care va deservi aceste instalații.

Introducerea calculatoarelor de proces cu posibilitatea dialogului cu operatorul va îmbunătăți posibilitatea de informare a personalului asupra stărilor critice din sistemul energetic sau din nodurile sale.

În această perioadă de trecere la un sistem energetic mai omogen, o atenție deosebită va trebui dată fenomenelor tranzitorii de scurtă durată și de lungă durată, avînd în vedere faptul că în unele situații nefavorabile unele dintre liniile de legătură între zone, linii de înaltă tensiune, vor funcționa în apropierea limitei de stabilitate statică. Cunoașterea rezervelor de stabilitate statică și predeterminarea și prevenirea fenomenelor de instabilitate dinamică vor trebui să devină un subiect prioritar pentru cercetarea din domeniul rețelelor și sistemelor.

În concluzie, perioada de trecere pînă la restructurarea sistemului energetic românesc, în conformitate cu indicațiile date prin proiectele de directive, avînd în vedere necesitatea economisirii energiei primare, și în special a hidrocarburilor, impune măsuri deosebite în concepția, proiectarea, construcția și exploatarea sistemului energetic și a elementelor acestuia. Caracteristica actuală și în următorul cincinal a sistemului energetic este repartiția încă neuniformă a puterii produse, care este localizată în special în zonele bazinelor carbonifere și în zonele bazinelor hidrologice. Ca urmare se mențin în continuare transporturi importante de putere și energie electrică, la distanțe relativ mari. În aceste condiții se impune o atenție deosebită problemelor de stabilitate statică și dinamică pe liniile de foarte înaltă tensiune. În același timp, pentru evitarea extinderii avariilor și în scopul revenirii cît mai rapide la situația normală în aceste cazuri, măsurile luate privind insularizarea zonelor și separarea grupurilor din centrale pe serviciile interne sînt de mare eficacitate și vor fi extinse în toate zonele din țară. Automatica și protecția prin relee capătă o importanță specială și se are în vedere trecerea acestora la nivelul superior de cibernetizare.

Pregătirea sistemului energetic pentru etapa următoare trebuie să țină seama de caracteristicile sistemice ale tipurilor de centrale, găsindu-se soluții pentru creșterea puterii reglante cu centrale hidroelectrice cu acumulare și pompaj și introducerea unor centrale cu gaze provenite din gazeificarea cărbunelui, care să compenseze rigiditatea relativă a centralelor clasice pe cărbune și a celor nucleare.

În acest fel se poate spune că există condiții corespunzătoare pentru trecerea cu succes a perioadei următoare de viață a sistemului electroenergetic românesc.

Actualizarea on-line a modelului echivalent al sistemelor externe pentru analize de siguranță a SEN cu ajutorul echivalenților REI

Dr. doc. ing. **Paul Dimo**
Dr. ing. **Marius Pomârleanu**
Ing. **Lia Bejuscu**
Ing. **Ion Radu**
– ICEMENERG –

Funcționarea interconectată a sistemelor electroenergetice ridică pentru exploatare o problemă destul de dificilă, și anume considerarea corectă a influenței interconexiunilor asupra siguranței SEN. Acest lucru se poate face pe baza unor analize detaliate care să simuleze un număr foarte mare de situații posibile, din care să poată fi selectate anticipat și, evident, preîntîmpinate în exploatare, cele periculoase. Un astfel de sistem de lucru întîmpină două dificultăți principale :

— lipsa informațiilor asupra modificărilor permanente care au loc în sistemul extern ;

— efortul de calcul foarte mare solicitat de analize care s-ar efectua într-un număr foarte mare de variante pe schemele ample ale ansamblului interconectat.

În aceste condiții se impune elaborarea pentru sistemul exterior a unor modele echivalente cu o structură foarte simplă, numai pe baza datelor reale existente la frontiera sistemului analizat, „adaptarea" lor pentru o gamă largă de situații posibile și utilizarea lor operativă în analize de siguranță.

Avînd în vedere aceste obiective generale, lucrarea de față propune un procedeu de construire și „actualizare" on-line a modelului echivalent al sistemelor externe cu care SEN funcționează interconectat, utilizabil la studii operative de contingențe (studiul efectelor unor posibile deconectări de artere importante sau de surse generatoare de putere mare asupra siguranței sistemului).

1. Procedeu de construire și actualizare on-line a modelului sistemului exterior al unui sistem studiat

Necesitatea modelării sistemului exterior al unui sistem studiat rezultă din faptul că pre-

zența interconexiunilor se face simțită în modul de redistribuire a circulațiilor de puteri, mai ales în regimurile grele care fac obiectul studiului contingențelor.

O modelare cît mai simplă, pe baza informațiilor disponibile și în condițiile restrictive ale aparaturii tehnice existente, a fost obiectivul principal al cercetării întreprinse. Rezultatul a fost construirea unui model echivalent de tip REI — Dimo cu o structură minimală : un singur nod reprezentativ pentru întregul sistem exterior cu care sistemul studiat funcționează interconectat.

Acest model foarte simplu a fost denumit E—REI (REI—ELEMENTAR). El a fost propus și testat în două variante de obținere :

a) cînd lipsesc total informațiile privind structura și regimul sistemelor interconectate cu sistemul studiat, singurele date utilizate fiind circulațiile pe liniile de interconexiune și tensiunile din nodurile de frontieră (varianta E1REI) ;

b) cînd se dispune de un set de date standard, precalculate pentru o situație de obicei extremă (vîrf, gol etc.) privind structura și regimul ansamblului interconectat, definite ca „bază" și informațiile din exploatarea curentă a nodurilor de frontieră (varianta E2REI).

1.1. Varianta E1REI

Această variantă are la bază principiul construirii unui singur nod fictiv cu ajutorul rețelei auxiliare de bilanț energetic nul [1].

Avînd ca elemente date circulațiile pe liniile de interconexiune și tensiunile în nodurile de frontieră, se creează cu aceste elemente o rețea externă ce posedă un nod fictiv suplimentar, rețea care se atașează nodurilor de frontieră. Această rețea se recalculează de fiecare dată pentru un nou regim al nodurilor de frontieră și se utilizează astfel la studiul unor contingențe interne.

Succesiunea operațiilor de construire a modelului E1REI poate fi urmărită în figura 1.

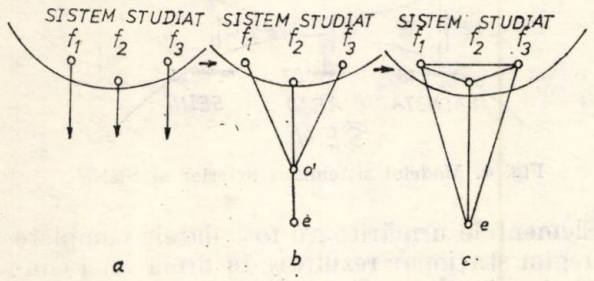


Fig. 1. Obținerea echivalentului E1REI.

— Cu tensiunile din nodurile de frontieră și cu puterile pe liniile de interconexiune se calculează impedanțele la „pămînt", creîndu-se nodul 0′ ; se atașează ramura auxiliară 0′ *e* pentru realizarea bilanțului energetic nul (fig. 1*b*) ;

— se elimină nodul 0′ și se obține echivalentul extern E1REI (fig. 1*c*).

Rețeaua buclată se calculează de fiecare dată cînd starea nodurilor de frontieră se modifică și astfel se folosește la studii de contingențe în sistemul analizat.

1.2. *Varianta E2REI*

Utilizîndu-se informațiile regimului de referință al ansamblului, se construiește pentru sistemul exterior un model cu un singur nod fictiv, care este compus dintr-un generator unic avînd puterea egală cu suma puterilor generate în toate centralele din sistemul exterior și o sarcină globală obținută prin liniarizarea nodurilor de sarcină în sistemul exterior și apoi deliniarizarea pe barele păstrate. Acest model se modifică pentru orice altă situație diferită de cea de referință, cu considerarea următoarelor ipoteze :

— se păstrează valoarea tensiunii barei nodului unic generator ;

— se consideră că pierderile în sistemul exterior nu se modifică (verificările pe rețele reale au arătat că variația acestor pierderi în regimurile extreme este relativ mică).

În această variantă se operează o „corecție" a rețelei inițiale a modelului pentru fiecare situație pentru care se cunosc informații noi la frontiera sistemului studiat (a se vedea și anexa).

Modelul E2REI are aceeași formă cu modelul E1REI, cu observația că în nodurile de frontieră și în nodul REI generator apar fracțiuni ale sarcinilor din sistemul exterior repartizate în urma eliminărilor operate prin liniarizare sub formă de impedanțe (fig. 2).

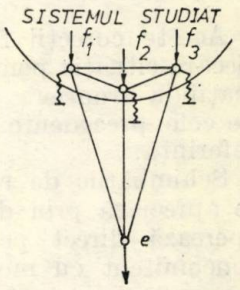


Fig. 2. Modelul E2REI.

Corectarea rețelei exterioare echivalente se face astfel :

a) Se calculează regimul rețelei echivalente „de bază" pentru noua stare a nodurilor de frontieră, folosind ca dată de intrare tensiunile reale ca modul și fază în nodurile de frontieră și pentru nodul fictiv modulul tensiunii (considerat același ca în regimul de referință pentru care s-a construit modelul inițial) și puterea recalculată din suma pierderilor din sistemul exterior (considerată constantă), a puterilor

pe impedanţele spre pămînt rezultate din aruncarea sarcinilor iniţiale şi din circulaţiile pe liniile de interconexiune.

b) Se verifică dacă echivalentul trebuie corectat : din valorile circulaţiilor pe fiecare linie de interconexiune şi tensiunile din nodurile de frontieră se determină curenţii care intră în echivalent în aceste noduri — dacă diferenţa Δi dintre aceşti curenţi şi cei injectaţi în nodurile de frontieră rezultaţi de la calculul de regim de la pct. a) nu este semnificativă, echivalentul nu trebuie corectat.

c) Cînd Δi are o valoare importantă, se determină o reţea de corecţie cu care echivalentul se „actualizează" : din tensiunea nodurilor de frontieră şi această corecţie de curenţi (Δi) se determină o reţea auxiliară de admitanţe (fig. 3) şi se elimină nodul 0', a cărui tensiune se alege zero pentru a satisface condiţii optime de utilizare în alte regimuri [1].

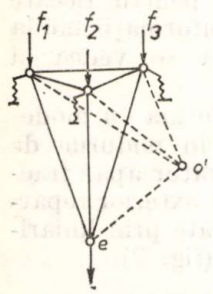


Fig. 3. Reţeaua auxiliară de admitanţe pentru actualizarea modelului E2REI.

$$\underline{Y}_{fi0'} = \frac{\Delta i}{\underline{U}_{fi}}$$

$$\underline{Y}_{e0'} = -\frac{\Sigma \Delta i_i}{\underline{U}_e}$$

Aceste corecţii finale se determină pentru fiecare situaţie pentru care se obţin noi informaţii la frontiera sistemului studiat, diferite de cele precedente sau cele ale regimului de referinţă.

Schimbările de regim din sistemul exterior se apreciază prin date sintetice globale şi se operează direct pe echivalentul „de bază", concomitent cu modificările care ţin de starea nodurilor de frontieră.

Procedurile prezentate au fost concretizate în două programe de calcul denumite, respectiv, MODI—1 şi MODI—2, scrise în limbaj FORTRAN IV.

2. Utilizarea echivalenţilor E1REI şi E2REI la analize de siguranţă a funcţionării SEN

Deşi soluţiile prezentate sînt generale, testarea lor s-a făcut pentru situaţia concretă a SEN aflat în interconexiune cu sistemele electroenergetice ale ţărilor vecine. Analizele au urmărit simularea unor contingenţe care, în raport cu un regim de referinţă cunoscut, reduc gradul de siguranţă a funcţionării SEN.

S-au simulat :

— deconectarea unor artere importante ;

— deconectarea unor grupuri generatoare de putere mare.

S-a urmărit comportarea modelului sistemului exterior construit (varianta E1REI) sau actualizat în raport cu cel de referinţă (varianta E2REI) în astfel de analize.

Schema studiată reprezintă reţeaua principală a SEI-1979 cu 313 noduri şi 452 legături, în care SEN este sistemul cu 44 noduri şi 58 legături interconectat prin trei linii cu sistemele electroenergetice vecine.

Tabelul 1

Nr. crt.	Legătura $i-j$	Denumire	R Ω	X Ω	B S	U kV	Tranzit MVA
1	18—45	Işalniţa—Kozlodui	5,8	39,3	0,000254	220	3,5— j 21,2
2	23—115	Arad—Szeged	3,4	34,5	0,000358	220	178,5+ j 40,9
3	44—110	Seini—Mukacevo	3,6	38,4	0,00039	400	182,8+ j 18,5

Caracteristicile acestor linii şi tranzitul în regimul de referinţă sînt date în tabelul 1.

Modelul echivalent al sistemului extern este de forma indicată în figura 4.

Calculele comparative s-au făcut pentru reţeaua completă a SEI şi pentru reţeaua SEN la care se ataşează modelul E1REI sau E2REI pentru sistemul exterior.

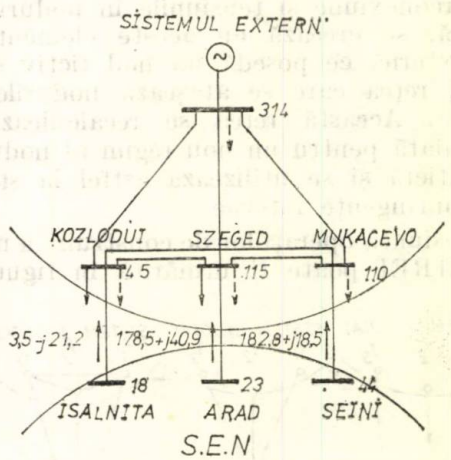


Fig. 4. Modelul sistemului exterior al SEN.

Elementele urmărite au fost datele complete de regim staţionar rezultate în urma unei contingenţe simulate. Se prezintă, în tabelul 2, numai o serie de rezultate privind circulaţiile de puteri pe arterele principale ale SEN la deconectarea unor linii importante (Luduş—Sibiu, Braşov—Sibiu, Rovinari—Bucureşti). (Analize mai detaliate pot fi urmărite în [2]).

Tabelul 2

Rezultate stabilite cu programele MODI-1 şi MODI-2. Circulaţii de puteri pe arterele principale ale SEN

Linia i-j	Rezultate	Regimul de referinţă (bază)		Regim cu încărcarea 85% faţă de bază		Regim cu încărcarea 85% faţă de bază şi cu deconectări ext.	
		deconectarea liniei 2-36	deconectarea liniei 28-28	deconectarea liniei 34-36	deconectarea liniei 28-28	deconectarea liniei 2-36	deconectarea liniei 34-36
1-2	real	-28,8 - j 49,2	-140,5+j 11,3	-307,7- j 22,1	-265,1+ j 10	-164,6 - j 13,7	-278 - j 22,4
	E1REI	-38,28 - j 36,15	-137,5+ j 32,4	-279,9 - j 32	- 251,3 + j 14,4	-146,2 - j 31,8	- 284,6 - j 29
	E2 REI	-27,86 - j 34,15	-137,4 + j 28,7	- 303,5 - j 9,8	- 260,3 - j 24,1	-175,6 - j 3,7	- 289,7 - j 6,41
2-36	real	circulaţia iniţială	-211,4 + j 85,6	-236,9 - j 10	-163,3+ j 38,8	circulaţia iniţială	-202,6 - j 15,3
	E1REI		-214,18+ j 96,4	- 288,3+ j 3,45	-215,9 + j 62		-170,2 + j 118,8
	E2REI	-228,9+ j 33,9	-210,4+ j 89,6	-237,02 - 10,7	-163,1 + j 39,5	-133,1 - j 7,7	- 206,9 + j 16
6-8	real	170,7 - j 28,9	226,3 + j 24	128,5 - j 49,6	183,6 - j 23,4	143,3 - j 64,7	130,5 - j 49,7
	E1REI	159,09 - j 19,48	230 + j 40,8	129,9 - j 46,1	184,4 - j 14,05	135,4 - j 60,6	130,7 - j 59,9
	E2REI	171,37 - j 25,01	228,6 + j 33,5	129,1 - j 45,8	184,8 - j 17,2	143,1 - j 64	130,4 - j 45,4
7-34	real	171,9 - j 29	- 161,6 + j 72,4	- 62,8 - j 21,3	- 140,6 - j 42,2	- 138,6 - j 74,7	- 52,8 - j 22,2
	E1REI	-193,14 - j 12,42	-163,9 + j 22,7	- 63,9 - j 16	- 143 - j 31,5	- 152 - j 67,2	- 55,3 - j 35,2
	E2REI	- 172,6 - j 21,57	-162,8 + j 14,2	- 62,6 - j 16,2	- 141 - j 34	- 138,9 - j 73,7	- 53,3 - j 16,2
11-13	real	-245,3 + j 26,1	-191,2 + j 64,1	- 227,8 + j. 14	- 173,7 + j 32,5	-213,3 - j 1,1	- 225,8 + j 13,8
	E1REI	256,71 + j 35,33	- 187,8 + j 76,9	- 226,4 + j 17,1	-172,9 + j 40,6	- 221 + j 3,4	-225,6 + j 4,2
	E2REI	- 244,65 + j 29,5	- 189,1 + j 71,4	- 227,2 + j 17,5	- 172,4 + j 37,8	-213,5 - j 0,5	-225,8 + j 17,8
13-17	real	-419,1 - j 13,7	-568 - j 32,9	- 424,8 - j 9,5	- 493,1 + j 22,3	-263,3 - j 3,5	- 426,8 - j 8
	E1REI	- 432 - j 7,3	- 565,8 - j 24,3	- 417,8 - j 8,7	- 493,8 - j 15,6	- 371,6 + j 0,01	- 429,5 - j 24
	E2REI	- 418,5 - j 12,1	- 566,5 - j 28,1	- 424,4 - j 6	- 492,3 - j 18,5	- 363,6 - j 2,9	- 426,9 - j 4,1
13-28	real	- 131,6 - j 60,3	167,2 + j 31,8	- 122,8 - j 61,5	142,1 + j 25,9	- 109,3 - j 53,3	- 118,3 - j 52,8
	E1REI	- 132,1 - j 62,2	167,22 + j 32,5	- 129,7 - j 60,2	142,1 + j 26,3	- 109,9 - j 54,3	- 116,4 - j 49,2
	E2REI	- 131,9 - j 60,2	167,2 + j 32,2	- 122,9 - j 52,5	142,1 + j 26,1	- 109,3 - j 53,5	- 118,6 - j 53,8
15-27	real	200,8 - j 39,6	- 227,6 - j 42,9	- 194,5 - j 30,4	- 200,4 - j 33,8	- 178,1 - j 30,1	- 195,5 - j 29,9
	E1REI	- 205,7 - j 35,3	- 224,4 - j 37	- 189,1 - j 29,5	- 196,9 - j 30	- 181,3 - j 27,8	- 194,8 - j 30,3
	E2REI	- 200,1 - j 36,8	- 225,7 - j 39,6	- 193,7 - j 28,5	- 199,2 - j 31,1	- 178,2 - j 29,7	- 195,1 - j 27,7
17-20	real	- 136,1 - j 96,7	- 263 - j 132	- 98,6 - j 63,9	- 220,1 - j 81,6	- 100,9 - j 55,4	- 82,3 - j 66,6
	E1REI	- 125,6 - j 114,9	- 261,8 - j 163,4	- 126,25 - j 67,9	- 247,4 - j 97,5	- 96 - j 64,2	- 78,1 - j 35,5
	E2REI	- 136,7 - j 103,4	- 262 - j 150	- 98,1 - j 73	- 219,4 - j 95,1	- 100,2 - j 57	- 82 - j 76,6
19-21	real	541,2 + j 233,7	529,4 + j 224,2	434,5 + j 165	462,2 + j 206,7	425,9 + j 196	459 + j 204,8
	E1REI	543,4 + j 203,5	529,7 + j 207,3	393,5 + j 87,44	460,72 + j 205	434,6 + j 216	461,4 + j 215,8
	E2REI	540,7 + j 242,2	530,2 + j 227,7	400,8 + j 160,5	435,22 + j 168,7	463,1 + j 210,7	425,4 + j 198,6
23-24	real	- 226,3 - j 89,1	- 211,6 - j 88,6	- 172,7 - j 75,8	- 164,7 - j 79,7	- 197,7 - j 104,1	- 199,7 - j 100,9
	E1REI	- 209,65 - j 65,4	- 209,07 - j 73,4	- 137,5 + j 6,4	- 122,6 - j 12,5	- 184,3 - j 106,9	- 214,2 - j 112,2
	E2REI	- 224,2 - j 88,4	- 219,7 - j 91,9	- 172,5 + j 79,2	- 164,3 - j 83,2	- 198 - j 107,4	- 197,4 - j 104,1
24-29	real	319,5 + j 165,1	254,4 + j 179,6	276,7 + j 116,7	233,5 + j 124,6	260,7 + j 118,1	253,1 + j 119,3
	E1REI	360,5 + j 138,5	258,2 + j 193,7	308,1 + j 116,1	276,5 + j 138,4	288,7 + j 103,1	242 + j 92,2
	E2REI	320,8 + j 160,4	255,4 + j 187,8	277 + j 121,1	240 + j 140,4	260,3 + j 119,8	255,4 + j 124,2
26-28	real	303,8 - j 15,3	circulaţia iniţială	268,8 - j 44,8	circulaţia iniţială	254,8 - j 50,8	264,1 - j 42
	E1REI	304,4 - j 9		275,9 - j 33,2		255,4 - j 47,8	262,1 - j 50,5
	E2REI	304,1 - j 13,4	308,2 - j 19,1	268,8 - j 39,2	262 - j 51,9	254,7 - j 59,3	264,5 - j 39,01
29-31	real	216,3 - j 12,9	252,7 + j 2,5	186,2 - j 24,6	215,6 - j 15	184 - j 24,9	185,3 - j 24,5
	E1REI	216,2 - j 11,6	253,3 + j 6	187,9 - j 24,2	218,5 - j 13,3	184 - j 24,3	184,8 - j 26,1
	E2REI	216,3 - j 12,4	252,9 + j 4,5	186,3 - j 4,5	215,8 - j 13,8	184 - j 24,8	185,4 - j 23,8
34-36	real	- 314,8 - j 58,2	- 241 - j 127,1	circulaţia iniţială	- 214,4 - j 111	- 266,9 - j 64,5	circulaţia iniţială
	E1REI	- 320,1 - j 55,5	- 243,2 - j 127,5		- 203,37 - j 117,2	- 270,1 - j 63,1	
	E2REI	- 316,02 - j 53,1	- 242,9 - j 126,4	- 198,2 - j 87,1	- 214,2 - j 109,4	- 266,9 - j 64,3	- 206,8 - j 84,9
39-40	real	195,2 + j 21,3	129,3 + j 19,3	104,7 + j 11	121 + j 10,7	147,6 + j 11,4	88,8 + j 12,5
	E1REI	249,18 - j 30,72	130,8 + j 20,1	117,9 + j 9,8	140,3 + j 10,3	184,02 + j 11,5	77,9 - j 7,3
	E2REI	195 + j 19,2	129,3 + j 20	104 - j 11,8	120,8 + j 11,4	147,6 - j 12,3	90,9 + j 13,1

Concluzii

Propunerile pentru construirea și actualizarea unor modele optimale pentru sistemele exterioare ale unui sistem analizat, cunoscute din literatură [4]—[7] etc., care utilizează tot modele REI, se bazează pe informațiile și aparatura existentă în fiecare caz în parte și unele adaptări la cazul special al rețelei modelate (structură și alte caracteristici).

În mod analog, soluțiile propuse în această lucrare pleacă de la datele disponibile la DEN și de la restricțiile tehnice ale aparaturii cu care este dotat SEN. Din aceste motive se poate constata o modelare mai simplă în raport cu alte soluții, dar aceasta a condus la bune rezultate pentru tipul de schemă analizat. Abaterile observate la valorile circulațiilor de puteri sînt nesemnificative (sub 3%); ele ajung la procente ceva mai mari (5—10%) cînd nu se cunoaște corect variația încărcării sistemului exterior sau pe unele artere neimportante ale SEN.

Există unele rezerve în ceea ce privește posibilitatea utilizării modelului E1REI, care prezintă avantajul că se construiește cu cel mai mic număr de informații și comportă un calcul redus, dar care poate conduce uneori la abateri importante față de situația reală, în special cînd bilanțul puterilor pe liniile de interconexiune este apropiat de zero ; ca atare se recomandă folosirea lui cu prudență.

Contingențele simulate arată că utilizarea metodei propuse este oportună și indicată în astfel de analize operative, mărind sensibil numărul variantelor posibil de testat și reducînd efortul de calcul și de sinteză a unor rezultate utile în studiile de siguranță.

ANEXĂ

Interpretarea corecției ramurilor modelelor REI

În regimuri diferite de cel de referință bilanțul nul al unei rețele auxiliare ce a fost introdusă în ramurile modelului REI este pierdut, iar relația dintre puteri devine (fig. 5):

$$S_e + \Delta S_e = \sum_m S_m$$

Acest lucru conduce evident la necorespondența ramurilor modelului inițial, în care s-a integrat eroarea ΔS_e pentru noul regim [8].

Dacă s-ar opera cea mai simplă corecție a rețelei REI inițiale prin adăugarea unei ramuri $0'e$ ($\Delta Y\ 0'e$, arătată punctat în figura 5), care să anuleze din nou bilanțul în rețeaua veche, după eliminarea nodurilor m și $0'$ ramurile din modelul obținut vor conține la rîndul lor o componentă ΔY ,corespunzătoare lui $\Delta Y_{0'e}$ [1], [2].

Se poate constata deci că o corecție a ramurilor modelului nu corespunde numai unor modificări ale topologiei rețelei

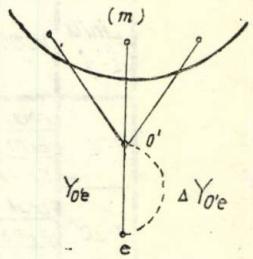


Fig. 5. Corecția ramurii $0'e$.

externe, ci și încercării de readucere a bilanțului nul în rețelele auxiliare ce au fost integrate în model.

În acest fel, metodele care corectează ramurile modelului capătă o semnificație în plus, care le lărgește cîmpul de aplicație.

Particularitățile cazului (structură, informații și echipamente disponibile etc.) vor decide calea de actualizare, pentru care o bună orientare este dată de considerarea naturii modelelor și a consecințelor variației stărilor nodurilor REI. [8].

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Modele REI și indicatori de stare.* Editura Acad. R.S.R., București, 1979.

[2] Dimo, P., Pomârleanu, M. și Bejuscu, L. *The REI models in contingencies analysis problems.* În : Rev. Roum. Sci. Techn. — Electrotechn, et Energ., 24, nr. 2, 1979.

[3] Pomârleanu, M., Bejuscu, L., Radu, I. și Vasiliu, R. *Determinarea evoluției structurii și regimurilor modelului sistemelor țărilor vecine în scopul utilizării lui la evaluarea situațiilor critice ale SEN, pornind de la stările nodurilor de frontieră.* Lucrare ICEMENERG, 1979.

[4] Dy Liacco, T.E., Săvulescu S.C. și Ramarao, K.A. *An on-line topological equivalent of a power system.* F 77523 — 4 — IEEE PES— Summer Meeting. Mexico City, July 1977.

[5] Dopazo, J.F., Dwarakanath, M.H., Li, J.J. și Sasson, A.M. *An external system equivalent model using real-time measurements for system security evaluation.* În : IEEE PAS, 96, martie —aprilie 1977.

[6] Dopazo, J.F., Irisarri, G. și Sasson A.M. *Real-time external system equivalent for on-line contingency analysis.* IEEE PES Summer Meeting — Los Angeles, July 1976.

[7] Tinney, W.F. și Powell, W.L. *The REI approach to power network equivalents.* 1977 PICA Conference.

[8] Dimo, P. *La structure hierarchique des modèles REI— Critères pour leur construction.* În : Rev. Roum. Sci. Tehn.—Electr. et Energ., 23, nr. 4, 1978, p. 511—521.

Aspecte privind disponibilitatea elementelor de rețea

Prof. dr. doc. ing. **V.I. Nitu**
Ing. **H. Albert**
Ing. **M. Stein**
Ing. **N. Popescu**
– ISPE –

1. În orice sistem energetic, indiferent de mărimea și structura acestuia, calitatea serviciului, considerată sub aspectul numărului și duratei întreruperilor în alimentarea consumatorilor, este puternic influențată de comportarea în exploatare a rețelei de transport și distribuție. De aceea este interesant, util și necesar să se cunoască și să se urmărească în timp calitatea serviciului corelat cu comportarea rețelelor.

De fapt, acest lucru se realizează în țara noastră în cadrul M.E.E., atît la Centrala industrială de rețele electrice, cît și la unele întreprinderi de rețele electrice. Dintre întreprinderile cu preocupări intense în această direcție se numără și IRE Iași.

În cele ce urmează se vor prezenta unele date în legătură cu aceste aspecte, urmărindu-se, în măsura posibilităților, și o comparație cu date similare din documentațiile publicate în materialele de specialitate din străinătate.

Comparația se va face pe ultimii trei ani, deoarece se consideră că informațiile IRE-urilor din acești ani au fost mai complete.

2. Situația sintetică la nivelul întregii rețele de transport și distribuție se prezintă după cum urmează :

Tabelul 1

Anul	Număr specific de incidente raportate la lungimea rețelei		% față de anul 1976
	Nr. total incidente/100 km rețea	Incidente cu întreruperea consumatorilor/100 km rețea	
1976	5,97	5,54	100,0
1977*)	6,41	5,97	107,4
1978	5,94	5,49	99,5

*) Evenimentele datorate cutremurului din 4.III.1977 au fost incluse în aceste date.

În tabelul 1 se prezintă variația numărului total de incidente din rețelele electrice de transport și distribuție în ultimii trei ani, luîndu-se ca an de referință anul 1976 și menționîndu-se că datele referitoare la anul 1977 trecute în tabelul 1 (și în tabelele ce urmează) conțin și incidentele ce au fost cauzate de cutremurul de pămînt din acest an din țara noastră.

În tabelul 2 se prezintă efectele economice în urma incidentelor de exploatare cu afectarea consumatorilor, specificîndu-se și ponderea acestor incidente în totalul de incidente din rețea pe ani.

Tabelul 2

Anul	Ponderea din totalul de incidente cu afectarea consumatorilor (%)	Durata medie a incidentelor cu afectarea consumatorilor (h/inc).	Energia electrică nelivrabilă medie (MWh/inc).	Puterea medie întreruptă (MW/inc.)
1976	92,7	2,8	1,27	0,62
1977*)	93,1	4,1	1,50	1,31
1978	92,4	2,5	0,63	1,06

*) Sînt incluse incidentele datorate cutremurului.

Din datele de mai sus se observă o creștere a puterii întrerupte/incident în anul 1978 (se exclude anul 1977, în care s-a produs cutremurul).

Acest aspect specific demonstrează de fapt că, în condițiile în care atît durata cît și energia nelivrabilă pe incident au scăzut în anul 1978 față de anul 1976, puterea specifică racordată la consumator în ultimii ani a crescut.

În tabelul 3 se caută a se separa ponderea pe rețele de diferite tensiuni în numărul incidentelor care au afectat consumatorii.

Din situația statistică prezentată în tabelul 3 reiese că ponderea cea mai mare a incidentelor cu afectarea consumatorilor din totalul incidentelor din rețelele electrice o au, cum este și de așteptat, instalațiile de medie tensiune în special în rețeaua aeriană (vezi tabelul 4), care este și mai puțin densă și buclată. Aceste instalații au fost cu precădere cele de 15–25 kV, urmate de cele de 5–6 kV și 10 kV.

Tabelul 3

Ponderea incidentelor cu afectarea consumatorilor în totalul de incidente și durata medie a acestora

Anul	5–6 kV		10 kV		15–25 kV		30–60 kV		110 kV		220 kV		400 kV		Total rețea	
	Pond.	Dm	Pond.	Dm	Pond.	Dm	Pond.	Dm	Pond.	Dm	Pond.	Dm	Pond.	Dm	Pond.	Dm
1976	16,7	1,4	6,1	0,98	69,7	3,5	2,5	0,9	4,8	0,4	0,1	0,1	0	0	100	2,8
1977	15,4	1,7	6,8	1,5	69,0	5,1	2,4	4,0	6,2	2,4	0,2	1,0	0	0	100	4,1
1978	14,5	1,5	8,9	1,1	71,4	3,0	1,3	0,7	3,7	3,0	0,1	0,4	0	0	100	2,5
Media pe 3 ani	15,5	1,6	7,3	1,2	70,0	3,9	2,1	1,8	4,9	1,9	0,1	0,2	0	0	100	3,1

Se constată că şi instalaţiile de 110 kV au o pondere importantă în incidentele cu afectarea consumatorilor. Se observă de asemenea şi o importantă durată medie a acestor incidente, care, dacă luăm ca an de referinţă anul 1976, a crescut în anul 1978 de 7,5 ori (de la 0,4 h/inc. la 3,0 h/inc.), fapt care necesită o analiză mai aprofundată şi luarea unor decizii corespunzătoare pentru îmbunătăţirea situaţiei.

În cele ce urmează se prezintă ponderea unor incidente cu afectarea consumatorilor la anumite instalaţii, în ordinea importanţei lor din acest punct de vedere.

Instalaţii de 15—25 kV (în medie 70,0% din incidente reprezintă cele cu afectarea consumatorilor cu durata medie de 3,9 h/inc.)

Tabelul 4

Anul	LEA		LEC		ST		PA + PT		Total reţea	
	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ in.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.
1976	65,9	245	11,7	113	8,8	41	13,6	250	100	212
1977	61,3	267	13,0	110	8,2	45	17,5	712	100	307
1978	63,0	216	17,6	111	8,2	45	11,2	198	100	182
Media pe 3 ani	63,4	243	14,1	111	8,4	44	14,1	387	100	234

Din acest tabel reiese că liniile electrice aeriene au însumat în cursul celor trei ani cele mai mari ponderi de incidente (63,4%) cu întreruperea consumatorilor din totalul incidentelor, cu durata medie a acestora de 243 min/inc.

Instalaţii de 5—6 kV (în medie 15,5% din totalul incidentelor sînt cele cu afectarea consumatorilor cu durata medie de 1,6 h/inc.).

Tabelul 5

Anul	LEA		LEC		ST		PA + PT		Total reţea	
	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.
1976	16,5	147	62,3	79	11,6	34	9,6	85	100	86
1977	16,1	239	60,6	72	10,4	29	12,9	133	100	102
1978	14,6	138	66,6	88	11,0	30	8,8	108	100	90
Media pe 3 ani	15,7	175	63,2	80	11,0	31	10,4	109	100	93

Dintre instalaţiile principale ce fac parte din această grupă de tensiune, liniile electrice în cablu au contribuit în cursul celor trei ani cel mai mult la numărul incidentelor cu afectarea consumatorilor. Este de semnalat că duratele medii cele mai mari ale incidentelor de acest tip, în această grupă de tensiune, se înregistrează la liniile electrice aeriene (2,9 h/inc.) şi posturile de transformare cu punctele de alimentare (1,8 h/inc.).

Instalaţii de 10 kV (în medie 7,3% din totalul incidentelor reprezintă incidente cu afectarea consumatorilor cu durata medie 1,2 h/inc.).

Tabelul 6

Anul	LEA		LEC		ST		PA + PT		Total reţea	
	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.	Pond. (%)	Dm min/ inc.
1976	6,8	117	69,5	60	5,6	17	18,1	47	100	59
1977	9,7	231	65,7	63	4,0	35	20,6	120	100	90
1978	5,6	150	74,8	60	5,1	25	14,5	70	100	65
Media pe 3 ani	7,4	166	70,0	61	4,9	26	17,7	79	100	71

Ca şi în cazul instalaţiilor de 5—6 kV, apar din punctul de vedere al ponderii incidentelor cu afectarea consumatorilor, liniile electrice în cablu, iar din punctul de vedere al duratei medii a acestora liniile electrice aeriene şi posturile de transformare cu punctele de alimentare.

3. În vederea analizării influenţei calităţii echipamentelor şi a duratelor de remediere asupra continuităţii în alimentarea consumatorilor, s-a făcut o comparaţie cu alte ţări, pe baza datelor publicate în literatura de specialitate. Au rezultat următoarele elemente mai importante :

— Liniile electrice aeriene cu tensiunea de 400 şi 220 kV au un număr de defecte comparabil cu cel din U.R.S.S., dar aproximativ de 3 ori mai mare decît cel publicat pentru R.F.G. şi Anglia.

Deoarece, însă, durata medie de revenire pentru R.S.R. este de 0,15 h faţă de durata de 5—6 h pentru remedieri în R.F.G. şi Anglia, se poate considera că statistica R.S.R. cuprinde şi un număr important de incidente fără deteriorări de echipamente pe linii. Durata totală de întrerupere pe an fiind mai mică în R.S.R. ($0{,}45 \cdot 10^{-5}$ h/km.an în R.S.R., faţă de $6 \cdot 10^{-3}$ h/kman în R.F.G. şi Anglia).

— La liniile electrice aeriene de 110 kV, situaţia este asemănătoare cu cele de 400 şi 220 kV, valorile variind astfel : 80.10^{-3} h/km ·an în U.R.S.S. şi Bulgaria, faţă de $4{,}3 \cdot 10^{-3}$ h/km ·an în R.S.R.

— În ceea ce priveşte transformatoarele de putere, frecvenţa de defectare este mult mai mică în R.S.R. pentru transformatoarele cu tensiunea superioară celei de 400 kV, faţă de cele din U.R.S.S. ; pentru transformatoarele de 220 kV, comparabilă cu frecvenţa de defec-

tare din Anglia, dar de 4 ori mai mare decît frecvența de defectare din U.R.S.S., în timp ce pentru transformatoarele cu tensiunea superioară celei de 110 kV, la care datele din celelalte sisteme sînt practic egale (U.R.S.S., Anglia, S.U.A., Bulgaria), în R.S.R. frecvența de defectare este de 8 ori mai mare. Este interesant de observat că și durata de remediere este foarte mare (între 4 și 30 ore).

Acest element ar putea explica ponderea importantă a rețelelor de 110 kV în cadrul incidentelor care au afectat consumatorii.

Pentru restul de elemente ale instalațiilor se constată, practic pentru toate (întreruptoare, cabluri, bare colectoare), o frecvență de defectare mai mică decît în celelalte sisteme, dar cu timpi de remediere de regulă mai mari (pînă la dublu).

Aceasta marchează faptul că în legătură cu pregătirea intervențiilor în cazul unor evenimente aleatorii mai pot fi luate măsuri pentru reducerea timpilor de remediere.

De fapt o comparare corectă între indicatorii de fiabilitate a elementelor din diferite țări nu poate fi făcută fără a cunoaște prevederile contractuale cu privire la indicatorii de siguranță contractați pentru aceste echipamente și modul de organizare a mentenanței.

Se consideră oportun, cu ocazia diferitelor schimburi de experiență sau contacte cu firme străine, să se adîncească aceste aspecte în vederea impunerii, pe de o parte, cu mai mare ușurință a problemelor de asigurări de garanții privind calitatea echipamentelor și, pe de altă parte, în legătură cu organizarea mentenanței.

Utilizarea modelelor matematice pentru stabilirea caracteristicilor energetice ale șisturilor pentru centralele termoelectrice

Ing. **Valentina Bălan**
– ICEMENERG –

Valorificarea combustibililor inferiori cu procentaj din ce în ce mai ridicat de steril și găsirea de noi surse de energie primară constituie probleme prioritare pentru energetica mondială. Pe această direcție se înscrie cercetarea caracteristicilor energetice ale șisturilor din țara noastră, în vederea arderii lor raționale și măririi siguranței în funcționare a instalațiilor energetice.

Lucrările [1] —[4] asupra combustibililor inferiori și șisturilor bituminoase din țara noastră semnalează prezența lor în straturi de suprafață și de mică adîncime, de grosimi și înclinări variabile, cu conținuturi de masă organică, reprezentînd o diversitate atît în privința caracteristicilor energetice, cît și a posibilităților de exploatare.

Față de cele de mai sus, se ridică problema stabilirii caracteristicilor energetice ale șisturilor prin metode statistice de selecție și adaptării unor metode de investigație moderne la studiul caracteristicilor chimice și mineralogice.

S-a elaborat un program de calcul în limbaj FORTRAN IV, testat pe calculatorul electronic, program utilizabil pentru studierea fiecăreia dintre mărimile fizice luate în considerare :

$$W_i^i,\ A^i,\ A^{anh},\ Q_i^i,\ Q_s^{mc}$$

Valorile medii și limitele lor de încredere obținute au fost aplicate la proiectarea cazanului de 520 t/h și utilajului energetic.

Partea experimentală

— S-au determinat în laborator și s-au prelucrat pe calculatorul electronic caracteristicile energetice ale șisturilor bituminoase, pe probe recoltate din foraje geologice și tehnologice (cazan 100 t/h), pentru următoarele sorturi granulometrice : 0—300 mm, 0—200 mm, 0—100 mm.

Probele tehnologice au fost colectate din flux (cazan 100 t/h) pe loturi experimentale de 2000 t pentru sorturile 0—300 mm, 0—200 mm, 0—100 mm.

— S-a determinat compoziția mineralogică a șisturilor prin microscopie optică pe secțiuni subțiri și difractometrie de raze X, precum și studiul benzilor de absorbție în infraroșu.

— S-au efectuat analize termogravimetrice și diferențiale ale șisturilor pe sorturi granulometrice (probe tehnologice) și din foraje geologice.

— S-a efectuat analiza chimică a cenușilor rezultate din procesul de ardere a șisturilor (cazan 100 t/h), prin metode clasice de analiză.

Prelucrarea statistică a datelor experimentale

S-a folosit modelul matematic al eșantionării [3], [4] pentru determinarea caracteristicilor energetice : puterea calorifică inferioară, Q_i^i, puterea calorifică superioară raportată la masa combustibilă, Q_s^{mc}, conținutul de cenușă raportat la inițial, A^i conținutul de cenușă la anhidru, A^{anh}, umiditate totală, W_t^i.

Aplicarea metodei statistice în vederea programării datelor la calculator presupune următoarele etape de calcul.

1. Sistematizarea şirurilor de date Q_i^i, Q_s^{mc}, W_i^i, A^i, A^{anh} pe locuri de recoltare (galerii, sonde etc.) şi per total probe, după valorile crescătoare şi implicit stabilirea valorilor maxime şi minime.

2. Calcularea valorii totale, S, per locuri şi per global, cu relaţia :

$$S = \sum_{i=1}^{n} x_i,\ X \in (x_1,\ x_2, \ldots,\ x_n\} \qquad (1)$$

S-au notat cu x_i valorile pe care le ia variabila aleatorie discretă X, asociată mărimii energetice studiate, şi cu n numărul de măsuri independente (probe) luate în considerare.

3. Presupunînd că variabila aleatorie X are o repartiţie normală, unidimensională, mărimile tipice de selecţie se vor exprima cu relaţiile :

— valoarea medie :

$$M(X) = \bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (2)$$

— varianţa (dispersia) :

$$D^2(X) = s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{X})^2 \qquad (3)$$

— abaterea standard : $\sigma = \sqrt{D^2(X)}$ (4)

Datorită volumului mare de probe, aceste mărimi reprezintă estimări ale mediei (m) şi ale dispersiei (σ^2) ale întregii populaţii.

4. Calcularea limitelor de clasă care încadrează valorile posibile ale variabilei aleatorii X :

— limita inferioară : $m - 3\sigma - \frac{\sigma}{2}$

— limita superioară : $m + 3\sigma + \frac{\sigma}{2}$,

$\frac{\sigma}{2}$ reprezintă intervalul de clasă. Se calculează numărul de clase K.

5. Pentru fiecare valoare a variabilei aleatorii studiate se testează clasa de mărime Ik, căreia îi aparţine. Numărul de valori care intră în fiecare clasă reprezintă frecvenţa absolută.

6. Calcularea frecvenţei relative fi a valorilor mărimii examinate.

7. Trasarea histogramei frecvenţelor relative pentru mărimile Q_s^{mc}, Q_i^i, W_i^i, A^i, A^{anh}.

Prin creşterea numărului de probe şi micşorarea intervalului de clasă, linia în trepte a histogramei se poate asimila cu o curbă.

8. Se calculează funcţia Laplace.

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{u} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}}\, dx, \qquad (5)$$

în care variabila standardizată $U(0,\sigma)$ este determinată de relaţia :

$$U = \frac{\bar{X} - m}{\sigma}$$

Valorile nnmerice ale funcţiei determină probabilitatea ca variabila aleatorie să ia valori în intervalul de încredere impus la punctul 4.

9. Definirea intervalului de încredere pentru media de selecţie în care se asigură probei fidelitatea F.

$$(X - F;\ X + F) = \bar{X} - u_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}};$$

$$\bar{X} + u_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}};\ F = u_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

S-a notat cu u_α valoarea critică a variabilei u la pragul de semnificaţie α ales.

10. Verificarea normalităţii distribuţiei cu testul χ^2, prin care se analizează dacă dispersia unei probe s^2 diferă semnificativ de dispersia σ^2 a populaţiei din care a fost luată. Se admite ipoteza de zero. Se aplică relaţia :

$$\chi^2 = \frac{n-1}{\sigma^2} s^2$$

Descrierea programului

Programul scris în limbaj FORTRAN a fost rulat pe calculatorul numeric FELIX C—256. Programul a fost testat pentru caracteristicile energetice ale şisturilor.

Rezultatele programului, media dispersiei şi abaterea standard sînt afişate pe banda de înregistrare, iar histograma variaţiei frecvenţelor pe locuri de prelevare şi per global probe sînt trasate pe imprimanta prin puncte bătute.

Volumul de probe introdus în calcul a fost 913 pentru bazinul Doman şi 1000 pentru bazinul Anina.

S-a ales pragul de semnificaţie $\alpha = 0{,}05$, căruia îi corespunde nivelul de probabilitate de 95,45% acordat intervalului de încredere a parametrilor statistici ai populaţiei.

Rezultate şi discuţii

Tabelul 1 prezintă caracteristicile energetice ale şisturilor bituminoase din bazinul Doman obţinute prin prelucrarea statistică a datelor pe calculator.

Valorile mediilor de eşantionare pentru caracteristicile energetice de bază ale şisturilor se înscriu în banda de calitate pentru centrala termoelectrică stabilită experimental [3], [6] ; valorile pentru carbon, hidrogen şi materii volatile sînt avantajoase pentru procesul optim de ardere.

Prin alegerea unei probabilităţi de încredere de 95,45% se poate afirma aproape cu certitudine că valorile medii ale caracteristicilor studiate se găsesc între limitele calculate, cu preciziile înscrise în normele ISO pentru combustibilii cu masă minerală ridicată.

Figura 1 prezintă funcţia de distribuţie a mediilor de eşantionare pentru caracteristica de putere calorifică (Q_i^i).

Tabelul 1

Valorile tipice de selecție pentru caracteristicile energetice ale șisturilor bituminoase românești (bazinul Doman)

Caracteristici	Valoare medie $\overline{X}$	Număr de probe n	Abatere standard $\sigma_{\overline{X}}$	Interval de încredere $\overline{X} \pm 2\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$	Fidelitate F	Banda tip termo
Putere calorică inferioară, Q_i^i, kcal/kg	1190	913	331	1521— 859	22	700—1275
Putere calorică superioară raportată la masa combustibilă, Q_s^{mc}, kcal/kg	5524	913	719	6243—4805	47	5440
Cenușă la inițial, A^i, %	69,69	913	3,79	73,48-65,90	0,23	69,4—72,2
Umiditate totală, W_t^i, %	6,12	913	0,40	6,52—5,72	0,02	5—12

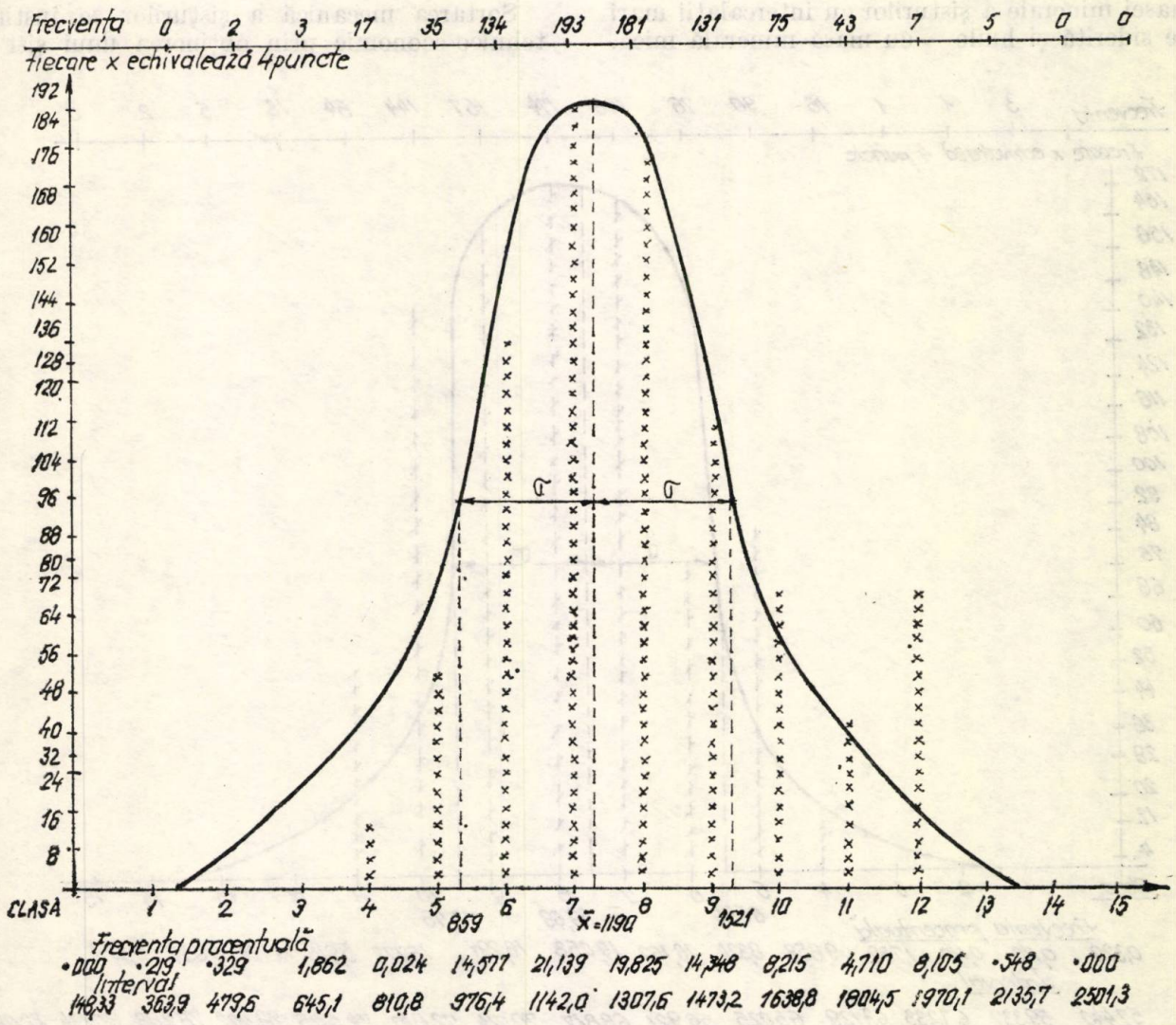


Fig. 1. Funcția de distribuție a mediilor de eșantionare pentru caracteristica de putere calorifică (Q_i^i).
Interval de încredere: 859—1521; $\overline{X} = 1190$; $\sigma = 331$; $F = 22$; $n = 913$.

Din figură se observă că 95,45% din valorile caracteristicilor de putere calorifică (Q_i^i) ale bazinului Doman se încadrează în domeniul $\pm 2\sigma$, căruia îi corespunde precizia $F = 22$. La o fidelitate mai mare, $F = 11$, doar 68,3% din valorile variabilei aleatorii se încadrează în domeniul $\pm\sigma$, probabilitate nesatisfăcătoare datorită neuniformităţii bazinului de şist bituminos cu intercalaţii de huile. Probabilitatea ca 99,75% dintre valorile variabilei de putere calorifică să se înscrie în domeniul $\pm 3\sigma$ corespunde unei precizii mult prea mici, $F = 32$, nesatisfăcătoare cerinţelor centralei termoelectrice din punct de vedere al siguranţei în exploatare a morilor.

De asemenea, valorile caracteristicii de cenuşă (A^i) (fig. 2) se încadrează în domeniul $\pm 2\sigma$ cu o precizie $F = 0,23$. La o fidelitate mai mare, $F = 0,12$, doar 68,3% din valorile A^i se încadrează în domeniul $\pm\sigma$, probabilitate nesatisfăcătoare datorită neuniformităţii masei minerale a şisturilor cu intercalaţii mari de siderită şi huile — cu masă minerală mică.

Probabilitatea ca 99,75% din valorile variabilei de cenuşă să se înscrie în domeniul $\pm 3\sigma$ corespunde unei precizii mult prea mici, $F = 0,37$, care nu satisface cerinţele de funcţionare optimă a electrofiltrelor din punct de vedere al siguranţei în exploatare.

Tabelul 2 prezintă compoziţia mineralogică a masei minerale a şisturilor bituminoase pe sorturi granulometrice. Se remarcă existenţa fierului sub formă de siderit în proporţie de circa 88% la toate sorturile analizate.

Tabelele 3—5 prezintă caracteristicile energetice pe sorturile granulometrice : 0—300 mm, 0—200 mm, 0—100 mm, din flux tehnologic.

Se remarcă dependenţa caracteristicilor energetice şi chimice Q_i^i, A^i, C, H de granulaţia şisturilor bituminoase.

Prin restrîngerea intervalului granulometric, conţinutul de C, H, Q_i^i creşte, iar conţinutul de cenuşă, A^i, scade.

În tabelul 6 se redă refuzul global şi uzura la morile cu ciocane Feyer.

Sortarea mecanică a şisturilor se justifică tehnico-economic prin obţinerea unui şist cu

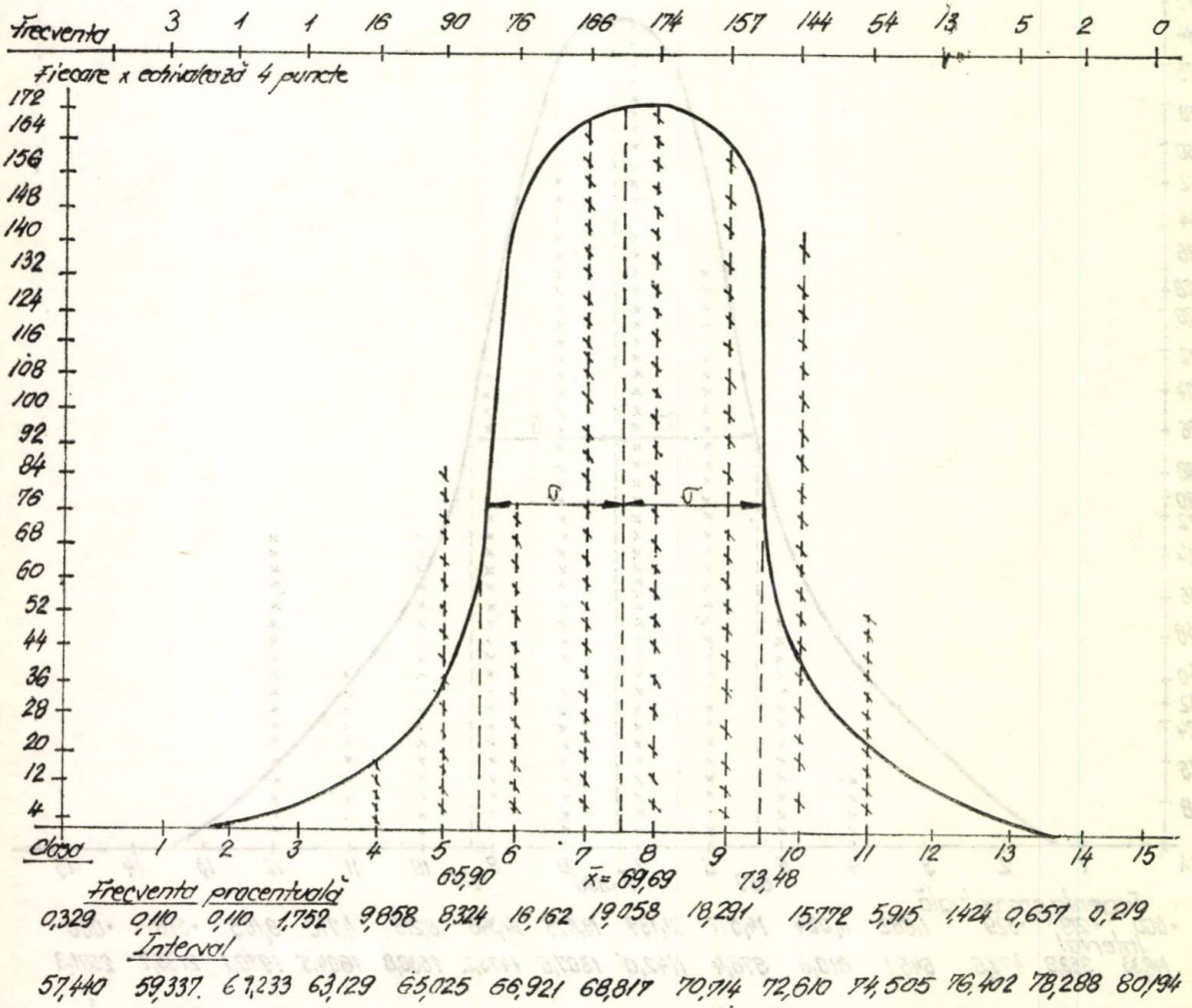


Fig. 2. Funcţia de distribuţie a mediilor de eşantionare pentru caracteristica de cenuşă (A^i).

Interval de încredere : 65,90—73,48 ; $\bar{X} = 69,69$; $\sigma = 3,792$; $F = 0,23$; $n = 913$.

Tabelul 2

Compoziția mineralogică a sterilului privind șisturile bituminoase pe sorturi granulometrice

Componenți mineralogici	Formula chimică	Sorturi granulometrice, mm		
		0—100	0—200	0—300
Caolinit	$Al_2[Si_4O_{10}](OH)_8$	46,5	48,5	49,0
Sericit	$K_{21}Al_2(SiAl)_4O_{10}(OH)_2$	12,5	13,0	12,0
Cuarț	SiO_2	12,5	12,5	11,5
Feldspați	$Na[AlSi_3O_8]\cdot Ca[Al_2Si_2O_8]$	sub 0,5	sub 0,5	sub 0,5
Siderit	$FeCO_3$	7,5	8,0	9,0
Limonit	$Fe_2O_3\cdot 4H_2O$	0,5	0,8	1,0
Pirit	FeS_2	0,5	0,5	0,5
Oxizi de titan	TiO_2	1	1	1
Dolomit	$Ca\cdot Mg(CO_3)_2$	1	1	1
Substanțe organice	Substanțe bituminoase			
	Substanță cărbunoasă	17,5	14,0	14,5

putere calorifică mai ridicată, concomitent cu obținerea unui refuz la clasa granulometrică bogată în siderită (CO_3Fe).

Ținînd seama de criteriul economic și de eficacitatea instalațiilor energetice, este avantajoasă selectarea pentru centralele termoelectrice a sortului de șist 0—200 mm.

Determinările de uzură pe moara cu ciocane Feyer ale sorturilor granulometrice 0—300 mm, 0—200 mm, 0—100 mm indică o valoare minimă a uzurii pentru sorturile de șist 0—100 și 0—200 mm.

Oportunitatea alegerii sortului 0—200 mm este dată de pierderea minimă de șist — 2,5% la un refuz global de 4,5%, față de pierderea de 6% șist la refuzul global 8% pentru sortul 0—100 mm.

În vederea determinării compoziției mineralogice a șisturilor, s-au efectuat analize microscopice pe secțiuni subțiri. Analiza microscopică indică următoarea parageneză mineralogică :

— Masă argiloasă fundamentală, în care sînt cuprinse mineralele componente : cuarț, feldspat, muscovit, oxizi de fier, masă cărbunoasă.

Mineralele menționate au forme granulare cu diferite dimensiuni, granulele de cuarț și

Tabelul 3

Caracteristici energetice pe sorturi granulometrice din flux tehnologic (eazan 100 t/h) șist bituminos sort 0—300 mm

Nr. probe	Caracteristici energetice	W_i^i %	W_h^i %	W_t^i %	A^i %	A^{anh} %	Q_s^a kcal/kg	Q_i^i kcal/kg	Q_s^{mc} kcal/kg	C^a %	Ha %	V^i %
1	Probă bandă Radller I	11,30	0,80	12,10	65,90	75,00	1182	878	4766	12,40	1,85	16,4
2	Probă bandă Radller I	11,40	0,80	12,40	65,10	74,40	1262	1021	4969	12,56	1,80	16,6
3	Probă bandă Radller I	4,80	1,00	5,80	70,30	74,50	1229	1043	4877	12,55	1,82	17,9
4	Probă bandă Radller I	7,80	1,00	8,80	68,80	74,00	1278	1036	4972	13,50	1,90	17,2
5	Probă bandă Radller I	8,20	1,00	9,20	68,80	74,90	1260	1009	5080	12,36	1,80	17,8
6	Probă bandă Radller I	9,60	0,90	10,50	68,70	76,00	1199	936	5037	12,20	1,86	16,6
7	Probă bandă Radller I	10,10	0,70	10,80	67,10	75,30	1210	935	4938	12,40	1,92	17,3
8	Probă bandă Radller I	11,80	0,90	12,70	64,70	74,10	1304	984	5094	13,11	1,97	17,0
	Probă medie lot 2 000 t	9,37	0,88	10,30	67,40	74,80	1240	980	4966	12,63	1,86	17,1

8 probe I reprezintă șist bituminos sort 0—300 mm probe medii dintr-un lot de 2000 t.

Tabelul 4

Caracteristici energetice pe sorturi granulometrice șist bituminos sort 0—200 mm

Nr. probe	Caracteristici energetice	W_i^i %	W_h^i %	W_t^i %	A^i %	A^{anh} %	Q_s^a kcal/kg	Q_i^i kcal/kg	Q_s^{mc} kcal/kg	C^a %	H^a %	V^i %
1	Probă bandă Radller II	9,70	0,90	10,60	67,40	75,40	1329	1048	5469	12,73	2,00	16,30
2	Probă bandă Radller II	10,60	0,80	11,40	65,40	73,80	1472	1158	5683	14,10	2,10	16,70
3	Probă bandă Radller II	10,60	1,00	11,10	65,90	74,10	1441	1134	5628	14,02	2,20	16,70
4	Probă bandă Radller II	9,30	0,90	10,20	66,60	74,20	1445	1158	5666	14,10	2,12	17,20
5	Probă bandă Radller II	12,80	1,00	13,80	63,80	73,20	1427	1070	5384	14,10	2,15	16,40
6	Probă bandă Radller II	11,80	0,90	12,70	65,20	73,90	1373	1046	5321	14,02	2,03	16,50
7	Probă bandă Radller II	7,10	0,70	7,80	69,20	74,50	1280	1049	5098	12,80	1,85	16,90
8	Probă bandă Radller II	10,30	0,80	10,10	66,10	73,70	1382	1082	5295	13,47	2,10	16,60
9	Probă bandă Radller II	11,70	0,80	12,50	64,40	73,60	1392	1064	5312	14,15	2,00	16,80
10	Probă bandă Radller II	15,00	0,80	15,80	62,50	74,30	1351	962	5298	13,10	2,00	16,00
	Probă medie lot 2000 t	10,89	0,86	11,60	65,60	74,10	1389	1077	5415	13,65	2,05	16,60

10 probe II reprezintă probe medii dintr-un lot de 2000 t șist bituminos sort 0—200 mm

Tabelul 5

Caracteristici energetice pe sorturi granulometrice şist bituminos sort 0—100 mm

Nr. probe	Caracteristici energetice	W_i^i %	W_h^i %	W_t^i %	A^i %	A^{anh} %	Q_s^a kcal/kg	Q_i^i kcal/kg	Q_s^{mc} kcal/kg	C^a %	H^a %	V^i %
1	Probă bandă Radller III	12,30	0,80	13,10	63,10	71,50	1430	1075	5005	15,10	2,10	17,40
2	Probă bandă Radller III	10,70	0,80	11,50	64,30	72,10	1383	1066	5010	14,25	2,10	17,70
3	Probă bandă Radller III	10,30	0,80	11,10	64,20	71,20	1461	1136	5126	15,20	2,20	18,30
4	Probă bandă Radller III	11,90	0,90	12,80	63,20	69,80	1682	1263	5663	16,23	2,20	16,60
5	Probă bandă Radller III	9,70	0,80	12,90	63,20	72,50	1419	1073	5216	14,60	2,00	13,30
6	Probă bandă Radller III	12,40	1,00	13,40	62,00	70,30	1611	1224	5478	16,55	2,12	17,20
	Probă medie 2000 t	11,21	0,85	12,50	63,30	71,20	1497	1139	5266	15,32	2,12	17,30

6 probe III reprezintă probe medii dintr-un lot de 2000 t şist bituminos sort 0—100 mm

Tabelul 6

Refuzul global şi uzura la morile cu ciocane Feyer pe sorturi granulometrice

Granulaţie mm	Refuz global %	din care		Conţinut Fe_2O_3 raportat la şist %	Uzură la mori, g/t
		şist %	siderit %		
0—300	2,5	1,5	1,0	7,3	27,0
0—200	4,5	2,5	1,5	6,2	21,0
0—100	8	6	2	6,2	20,3

de feldspat atingînd dimensiunea de 100—150μ, iar paietele de muscovit 250—300 μ.

Oxizii de fier se găsesc diseminaţi în masa argiloasă fundamentală.

Masa cărbunoasă de asemenea se găseşte diseminată neregulat în masa argiloasă fundamentală, formînd chiar aglomerări în unele zone.

Din derivatogramele probelor tehnologice la cazanul de 100 t/h CET Doiceşti, ale şistului sort 0—200 mm, se pot face următoarele observaţii:

1. Probele sînt roci pe bază anorganică argiloasă, respectiv argilo-silicioasă, avînd un conţinut de cărbune variabil.

2. Materialul combustibil se arde între 300—450°C. $T_{min.}$ = 300°C, $T_{max.}$ = 420°C; fenomen puternic exoterm, are loc arderea gudroanelor şi a substanţelor volatile.

3. Din componenta argilo-silicioasă a probelor se desprind grupe — OH între 500—600°C, conform reacţiei:

$$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O,$$

fenomen endoterm însoţit de o pierdere în greutate de circa 20%.

La 910°C are loc descompunerea carbonaţilor, fenomen endoterm. Pierderea totală în greutate este de circa 27%. La 995°C are loc formarea spinelului:

$$2\,(Al_2O_3 \cdot 2SiO_2) \xrightarrow[925°C]{} Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 + SiO_2$$

Spinel silico-aluminos.

$$2\,(Al_2O_3 \cdot 3SiO_2) \xrightarrow[1150°C]{} 2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2 + SiO_2$$

mulit cristobalit

Faza 1:1

$$3\,(Al_2O_3 \cdot SiO_2) \xrightarrow[1450°C]{} 3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + SiO_2$$

mulit

Faza 3:2

Din analiza comparativă a tuturor mijloacelor de investigaţie rezultă că bazinul de şisturi Doman se caracterizează prin şisturi cărbunoase, iar bazinul Anina prin şisturi bituminoase sideritice cu o compoziţie mineralogică a masei minerale neomogenă. Aceasta implică amenajarea unor depozite de omogenizare, în vederea folosirii raţionale a şisturilor în centralele termoelectrice.

Valorile caracteristicilor energetice şi mineralogice rezultate prin prelucrarea pe calculator, corelate cu analizele termogravimetrice şi termodiferenţiale, determinate pe sorturi granulometrice, au stat la baza alegerii sortului 0—200 mm ca sort optim pentru centralele termoelectrice, în scopul măririi duratei de funcţionare a agregatelor.

Bibliografie

[1] Ionescu, T. *Tehnologie chimică generală*, vol. I. Bucureşti, 1956.

[2] Blum, I. şi Grozescu, A. *Atlasul resurselor termoenergetice ale R.P.R. Geologia R.P.R. şi cărbunii.* În: Studii şi cercetări energetice nr. 4, 1960.

[3] Bălan, V. *Asupra unor însuşiri energetice şi tehnologice ale şisturilor bituminoase din bazinul Anina, privind valorificarea extensivă.* În: Energetica nr. 2, 1975, p. 68—74.

[4] Bălan, V. *Cercetări privind determinarea caracteristicilor energetice ale lignitilor din bazinele Rovinari şi Motru, utilizaţi la CET Craiova.* În: Energetica nr. 12, p. 553—559.

[5] Văduva, I. *Analiza dispersională.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.

[6] Worthing, G. A. şi Gehner, G.A. *Prelucrarea datelor experimentale.* Editura tehnică, Bucureşti, 1959.

[7] * * * B.S. 1017. *British Standard for the Sampling of Coal.*

[8] * * * *Studiu privind încercările de uzură a şisturilor bituminoase pe moara cu ciocane.* Studiu comun M.I.C.M. (ICPET), M.E.E. (ICEMENERG), M.M.P.G. (ICPMC Petroşani), mai 1976.

[9] * * * *Cercetări privind caracteristicile şisturilor bituminoase din bazinul Anina — Doman.* ICEMENERG, 1975—1978.

Aspecte privind creşterea siguranţei în funcţionare prin dotarea tehnică corespunzătoare

Ing. **Hermina Albert**
Ing. **Maria Iancu**
– ISPE –

Siguranţa în funcţionare a sistemului energetic este o problemă importantă căreia i se acordă o atenţie deosebită încă de la faza de proiectare a instalaţiilor, prin prevederea unor condiţii speciale atît pentru ansamblul sistemului, cît şi pe categorii de instalaţii. Directivele de proiectare, ca şi Normativul privind metodele şi elementele de calcul al siguranţei în funcţionare a instalaţiilor energetice — PE 013/1973 — reglementează modul de abordare a acestei probleme şi de stabilire a nivelului de siguranţă economic justificat.

Realizarea condiţiilor de siguranţă prevăzute în proiecte este însă posibilă printr-o comandă şi exploatare corespunzătoare.

În acest sens se impune realizarea şi respectarea unor norme şi instrucţiuni de exploatare, întreţinere şi reparaţii a instalaţiilor sau părţi din instalaţii care să asigure funcţionarea continuă, în regim optim, economic, a acestora.

Conducerea operativă a instalaţiilor în condiţii de siguranţă şi economicitate cerute impune realizarea unei structuri organizatorice şi totodată a unei dotări tehnice corespunzătoare.

La stabilirea acesteia, din punct de vedere al siguranţei în funcţionare, trebuie avut în vedere :

înaintea timpului real :

— pregătirea regimului pentru ziua următoare trebuie să aibă în vedere realizarea unui nivel de siguranţă admis pentru fiecare palier de funcţionare şi configuraţie avută în vedere, ca urmare a retragerilor din exploatare programate ;

în regim normal :

— deciziile luate de operator în fiecare moment cu privire la starea sistemului trebuie să asigure menţinerea unui nivel de risc în funcţionare inferior celui admis ;

— manevrele programate trebuie corect executate şi după o prealabilă verificare, prin simulare, a consecinţelor manevrelor ;

în regim de alarmare :

— operatorul poate interveni numai în cazul unor evenimente cu o viteză mică de desfăşurare (de ordinul minutelor) ;

— aducerea la cunoştinţă a evenimentului trebuie să se facă în timp util, pentru ca prevenirea unei avarii să fie posibilă ;

— operatorul trebuie să dispună de mijloacele tehnice necesare pentru a interveni în timp util ;

în regim de avarie :

— operatorul trebuie informat rapid şi complet asupra evenimentelor, cu indicarea cît mai exactă a cronologiei acestora ;

— manevrele de lichidare a avariei trebuie să se efectueze repede şi corect ;

— pentru situaţii limită, operatorul trebuie să aibă posibilitatea unor descărcări de sarcină sau pornire de grupuri în timp scurt ;

— pentru cazul insularizării unor centrale, să se asigure comanda operativă a acestora independent de conducerea operativă a zonelor în care sînt cuprinse.

Se poate deci constata că, pentru asigurarea continuităţii în funcţionare a instalaţiilor energetice, personalul trebuie să acţioneze corect atît în cazul unor evenimente previzibile, programate sau hotărîte, pe baza analizei stării sistemului care se află în regim normal de funcţionare, cît şi în cazul unor evenimente aleatorii, avarii.

Organizarea conducerii operative şi dotarea acesteia trebuie să asigure cuprinderea de către operator a ambelor categorii de activităţi. De asemenea trebuie avută în vedere necesitatea pregătirii regimului de funcţionare prin analize în afara timpului real, care să furnizeze operatorului informaţiile necesare pentru orientare, activitate care necesită o dotare tehnică corespunzătoare pentru calcule în afara timpului real.

Asigurarea unor acţionări corecte ale operatorului la manevre programate, cît mai ales în condiţii de avarii, nu poate fi lăsată numai în seama cunoştinţelor căpătate de acesta prin instructare, ci face necesară existenţa — şi afişarea la nevoie — a unui ghid operator pentru principalele situaţii caracteristice prin care poate trece sistemul.

Realizarea celor menţionate mai sus implică :

— o corectă delimitare a nivelurilor de comandă, astfel ca, pentru o anumită dotare tehnică posibil a fi realizată, să se asigure operativitatea necesară în regim normal şi de avarie ;

— asigurarea supravegherii instalaţiilor energetice la fiecare nivel de comandă şi pe ansamblu ;

— corelarea dotărilor tehnice între treptele de dispecer, astfel ca realizarea funcţiunilor la fiecare nivel de comandă ierarhic superior, şi care sînt condiţionate de realizarea deciziilor stabilite la nivelul inferior, să aibă condiţii de îndeplinire ;

— realizarea unei corelări între informaţiile primite, autoritatea de conducere operativă, capacitatea de luare a deciziilor, capacitatea de realizare a acestora ;

— asigurarea condiţiilor de conducere operativă a zonelor şi microzonelor în condiţii de separare a acestora de sistem, intempestiv sau voit, ca urmare a unor avarii extinse ;

— asigurarea prin dotare a obținerii unor indicatori care să permită caracterizarea obiectivă și în timp real a stării sistemului sau a unui nod al acestuia, în vederea asigurării unei acționări corecte a personalului operativ și, eventual, ca informații pentru automatica de sistem;

— extinderea funcțiilor operatorului la deservirea operativă prin telecomenzi.

Scopurile urmărite în conducerea operativă a instalațiilor pentru îmbunătățirea siguranței în funcționare se pot, astfel, caracteriza prin:

— reducerea la maximum a probabilităților de ieșire din starea normală;

— reducerea la minimum a timpului necesar revenirii în stare normală din orice altă stare ar trece sistemul (alarmă, avarie sau postavarie).

Conducerea operativă trebuie să asigure o funcționare optimă economică, cu respectarea tuturor restricțiilor, realizînd totodată un nivel de siguranță impus.

Este imperios necesar de a se lua unele măsuri tehnice și de îmbunătățire a instrucțiunilor de exploatare, ca să se asigure o analiză postincident corectă și completă. În acest scop trebuie ca înregistrările existente să permită o analiză obiectivă.

Supravegherea și conducerea operativă, pentru a fi realizate în bune condiții, necesită urmărirea și prelucrarea la diferite niveluri a unui mare număr de informații (măsuri, semnalizări), care să permită alcătuirea configuratorului de rețea și cunoașterea în timp real a stării rețelei. Aceste informații sînt:

măsuri:

— puteri active și reactive pe linii, AT și grupuri;

— tensiuni, frecvențe pe barele stațiilor;

semnalizări:

— poziția întreruptoarelor și separatoarelor tuturor elementelor din sistem;

— poziția ploturilor AT.

Dezvoltarea tehnicii de calcul, ieftinirea sensibilă a calculatoarelor și în special a celor de proces, a condus la introducerea într-o măsură tot mai mare a acestora și în practica curentă de exploatare a sistemelor energetice.

Funcțiunile necesar a se realiza prin calculatoare vor fi etapizate și se vor introduce pe măsura experienței căpătate în acest domeniu.

Realizarea unei complete supravegheri și comenzi prin calculatoare, fără intervenția operatorului (în buclă închisă), a instalațiilor energetice nu poate fi luată în considerare în prima etapă, din considerente tehnice, economice și de siguranță.

Funcțiunile ce se vor putea realiza în condițiile introducerii tehnicii de calcul vor fi:

— supravegherea funcționării instalațiilor prin colectarea, validarea, afișarea, protocolarea, control limite, alarmare etc.;

— ghid operator, acesta realizîndu-se prin simularea manevrei și, pe baza unor scheme logice prestabilite și a informațiilor privind starea conexiunii, se confirmă corectitudinea manevrei dorite (se poate urmări prin afișare pe ecran sau mașină de scris chiar succesiunea manevrei). Funcția de ghid operator va permite, practic, eliminarea unor avarii din vina personalului ca urmare a unor manevre greșite;

— control limite, prin urmărirea unor mărimi caracteristice cu limite prestabilite și care pot fi modificate de personalul operativ, în vederea respectării criteriilor de economicitate și siguranță;

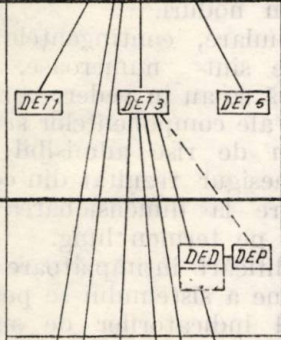
— estimarea stării, realizarea acestei funcțiuni va permite analiza siguranței în funcționare prin simularea unor stări și alarmarea operatorului în cazul situațiilor limită;

— analiza post-factum, ce se va putea realiza prin înregistrarea tuturor evenimentelor din instalații, respectiv succesiunea diverselor schimbări de stare, în așa fel încît să se poată analiza corect cauzele unei perturbații ce a condus la un incident, precum și măsuri necesar a fi luate.

Analiza situației concrete din țara noastră — considerînd dezvoltarea prevăzută pentru toate categoriile de instalații energetice, cerințele de creștere a economicității și siguranței în funcționare, necesitățile de creștere a productivității muncii, posibilitățile de dotare tehnică cu echipamente din țară — a condus la stabilirea unei structuri organizatorice a conducerii operative care să permită realizarea funcțiunilor de siguranță necesare. Astfel, în principal:

— Pentru pregătirea corespunzătoare a regimurilor de funcționare în afara timpului real se prevăd calculatoare off-line FELIX 256 sau — în etapa următoare — INDEPENDENT -100 sau CORAL, care să permită efectuarea, la nivel DEC, DET și compartiment de dispecer al IRE, a calculelor de regim necesare. Pentru o eficientă utilizare a acestora este necesară o cuplare directă a sistemului off-line cu sistemul teleinformațional de proces.

— Pentru conducerea instalațiilor în timp real se are în vedere realizarea acesteia pe trei niveluri, care vor asigura, respectiv, comanda operativă a generării, transportului energiei electrice și a schimburilor internaționale; comanda operativă a rețelelor de repartiție și comanda nemijlocită a instalațiilor de transport; comanda operativă și deservirea operativă a instalațiilor de distribuție (vezi anexa).

Nivel comandă		Funcțiuni principale	Anexa
1		– asigurarea reglajului frecvenței și a puterii de schimb pe LEA de interconexiune – asigurarea continuității și optimizării producției și transportului de energie electrică – coordonarea în regim normal a manevrelor în rețeaua de 400 kV și 220 kV buclată – DET – conduce manevrele de lichidare a incidentelor și avariilor în rețeaua de 400 kV și 220 kV – telecomanda unor grupuri din CHE și a unor descărcări de sarcină centralizate, în vederea menținerii integrității SE și a respectării schimburilor cu SE vecine în limite nepericuloase – elaborează estimatori de stare a SEN	
2		– asigură continuitatea și optimizarea funcționării rețelelor de 110 kV buclată și a consumatorilor alimentați de la 400 kV și 220 kV – asigură repartiția optimă a sarcinii pe centrale cu putere instalată sub 100 MW din zonă – comandă nemijlocit manevrele în regim normal și de avarie din rețelele de 400 kV, 220 kV și 110 kV interjudețeană (de regulă) – asigură funcționarea zonei în condițiile pierderii legăturilor cu DEC sau a zonei telecomanda unor grupuri și a unor descărcări centralizate de sarcină	
3		– asigură continuitatea în alimentarea consumatorilor, în condiții optime economice; – comandă (telecomandă) nemijlocit manevre în regim normal și de avarie în rețelele de distribuție cu tensiunea de 110 kV și MT – comandă operativ grupuri de interes local și descărcări centralizate de sarcină – elaborează estimatori nodali de stare	
		– asigură optimizarea, continuitatea în funcționare și exploatarea hidrocentralelor dintr-un bazin – realizează încadrarea în conducerea operativă a SEN și în sistemul de gospodărire a apelor – telecomandă stațiilor electrice aferente (de regulă cele de 110 kV și MT) și coordonarea manevrelor pe liniile electrice din centralele în comanda sa	
		– asigură continuitatea și optimizarea funcționării instalațiilor – execută manevrele în regim normal și de avarie – elaborează indicatori nodali caracteristici. – participă la eliminarea stărilor critice (prin reglarea sarcinii pe centrale, respectiv descărcări de sarcină)	

Numărul DET și DED se determină pe considerente energetice, astfel încît să se asigure operativitatea și siguranța în funcționare necesare. Un DED nu va depăși limitele unui IRE, dar în cadrul unui IRE numărul acestora nu este limitat.

— Dotările tehnice prevăzute pentru fiecare dintre nivelurile de comandă vor alcătui un sistem teleinformațional ierarhizat, care va permite schimb rapid de informații automat sau la cerere (de la treapta superioară sau inferioară de comandă operativă). Aceasta va permite o cunoaștere rapidă a stării instalațiilor și o intervenție promptă și corectă.

— Se urmărește realizarea, prin noua dotare, a unei datări sincrone a informațiilor, realizarea deci a unui ceas sincron pentru ansamblul instalațiilor, precum și culegerea informațiilor — cel puțin din nodurile principale ale SEN — cu momentul producerii indicat în oră, minut, secundă și zecime de secundă. Aceasta va asigura operatorului condiții de stabilire rapidă a cauzei incidentelor și de acționare în cunoștință de cauză.

— Asigurarea unei permanente supravegheri a instalațiilor — controlul permanent al limitelor, analiză automată și la cerere a siguranței rețelelor, introducerea ghidului operator pentru principalele intervenții în SEN — va permite o creștere importantă a siguranței în funcționare.

*

Din cele expuse se desprinde concluzia că printr-o conducere operativă a instalațiilor energetice corect organizată și dotată tehnic se poate obține o îmbunătățire esențială a siguranței în funcționare.

Totodată trebuie însă precizat că intervenția preventivă a operatorului poate fi salutară numai în cazul unor fenomene mai lente (desfășurate în minute), pentru fenomenele tranzitorii rapide rolul de evitare a extinderii avariilor revenind exclusiv automaticii de sistem.

Perioada următoare va constitui o etapă grea, de introducere a noilor echipamente și programe de calcul pentru comanda operativă, la care este necesară antrenarea unui număr important de energeticieni cu experiență.

Rolul programelor de calcul al siguranței pe termen scurt în îmbunătățirea funcționării operative a sistemului energetic

Prof. dr. doc. **V. I. Nitu**
și ing. **Ane-Marie Petrescu**
— ISPE —

Criza actuală de resurse energetice reclamă o preocupare constantă și activă în modul de gospodărire a resurselor energetice, de exploatare a grupurilor energetice în funcțiune. Exploatarea sistemelor în condițiile actuale ridică probleme deosebite în aflarea unui optim între nivelul de rezervă operativă în sistem și producerea economică a energiei pe ansamblul sistemului [1], [2], [3].

Odată cu dotarea sistemelor energetice cu calculatoare de supraveghere și control, devine posibilă stocarea și prelucrarea automată a unui volum mare de informații. Această facilitate de calcul a permis abordarea problemelor de siguranță în funcționarea sistemului pe termen scurt off-line (intervalul de prognoză de 24 ore) sau on-line (prognoza operativă).

Corelarea a trei factori — structura disponibilă optimă din punct de vedere al costului minim de producere și transport al energiei, acoperirea curbei de sarcină pe sistem în condiții de limită de risc admise și rezervare practic realizabile, la nivel de sistem, avînd în vedere condițiile de dimensionare a acestuia — sînt elemente ce definesc funcția proprie a programelor de calcul de siguranță pe termen scurt în regim off și on-line.

În vederea realizării acestei funcțiuni, se urmăresc zilnic, oră de oră, următoarele variabile:

— parcul de agregate în funcțiune și în rezervă;

— tipul rezervelor (rece, caldă, semicaldă) și timpul de acces la aceste rezerve;

— sarcina repartizată la nivel de sistem pe agregatele în funcțiune;

— schimburile planificate cu rețeaua vecină;

— nivelul de tensiune în nodurile sistemului;

— nivelul de încărcare a liniilor electrice aeriene de transport.

Capacitatea de funcționare sigură a sistemului se apreciază prin:

— putere generată față de puterea cerută;

— putere vehiculată pe liniile electrice față de limita de încărcare admisă;

— nivel de tensiune în noduri față de limitele maxime și minime admise.

O configurație de sistem în funcțiune la un moment dat se poate caracteriza prin probabilitatea ca aceasta să rămînă neschimbată sau să se modifice avînd în vedere caracteristicile de fiabilitate ale instalațiilor ce compun configurația analizată (linii, noduri, grupuri).

Regimul rezultat în urma unei modificări simulate sau reale este sigur dacă nu s-a depășit nivelul de rezervă turnantă pe sistem, nu s-a depășit limita de încărcare pe linii și limitele de tensiune în noduri.

În analizele de simulare, contingențele și deci scenariile posibile sînt numeroase, ele limitîndu-se numai dacă se au în vedere caracteristicile de fiabilitate ale componentelor sistemului, nivelul propriu de risc admisibil de apariție a unui regim nesigur rezultat din condițiile avute în vedere la dimensionarea și planificarea sistemului pe termen lung.

Ponderea unor modificări întîmplătoare în configurația în funcțiune a sistemului se poate cuantifica cu ajutorul indicatorilor de siguranță pe termen scurt.

În modelarea funcționării pe termen scurt, un rol deosebit îl are tipul procesului stocastic utilizat.

Procesele stocastice utilizate în modelare vor fi totdeauna cu un număr finit de stări discrete, însă repartițiile perioadelor de ocupare a unei stări vor reprezenta elementul care va imprima caracterul procesului. În modelele de siguranță pe termen lung, utilizarea repartiției exponențiale este satisfăcătoare [4], deoarece distanța în timp de la momentul prognozei pînă la momentul studiat corespunde formei asimptotice a curbei de repartiție. Mai mult, confruntarea practică a rezultatelor obținute în calcule cu comportarea reală a echipamentelor a justificat utilizarea repartiției exponențiale și în principal a proceselor stocastice de tip Markov.

Studiul pe intervale mici de timp al siguranței în funcționare presupune cunoașterea fenomenului complex de solicitare în timp a echipamentului și mecanismul de joncțiune cu legile statistico-probabilistice.

Deoarece în intervalul reparare-funcționare echipamentele suferă un proces de degradare în timp, echipamentele cu intensități de avariere crescătoare (IAC) sînt foarte studiate în procesul de modelare matematică [2], [3], [5], [6].

Intensitatea de avariere poate fi definită la modul general [7], ca fiind densitatea de probabilitate condiționată de avariere pe intervalul $[t, t + x]$. Deci:

$$\tau(t, x) = \frac{F(t + x) - F(t)}{1 - F(t)},$$

unde $F(t + x) = Prob.\ [T_f \leqslant t + x]$;

$1 - F(t) = Prob.\ [T_f > t]$;

T_f — variabila aleatorie, timp de ocupare neîntreruptă a stării de funcționare.

Intensitatea de avariere la un moment dat este :

$$\lambda(t) = \lim_{x \to 0} \frac{\tau(t, x)}{x}$$

Din relația de mai sus rezultă necesitatea ca intensitatea de avariere — un indicator de bază în calculele de siguranță pe termen scurt — să fie exprimată prin densitatea de probabilitate.

O distribuție $F(t)$ a perioadei de funcționare pînă la defect (variabila aleatorie T_f) este a unui $\lambda(t)$ crescător (IAC) sau descrescător (IAD) pentru $x_2 > x_1$ dacă :

$$\frac{F(t + x_2) - F(x_2)}{1 - F(x_2)} \geqslant \frac{F(t + x_1) - F(x_1)}{1 - F(x_1)}$$

Deoarece distribuția exponențială pentru $F(t)$ ($\lambda(t) = \lambda = ct.$) este o distribuție de graniță între funcțiile de repartiție cărora le corespunde un $\lambda(t)$ crescător și cele cu $\lambda(t)$ descrescător, se pune problema preliminării limitei superioare și inferioare de variație a funcției de supraviețuire :

$$1 - F(t) = Prob\ [T_f > t]$$

Se demonstrează [7] că pentru $\lambda(t)$ crescător corespunzător unei funcții de distribuție $F(t)$, cu media variabilei aleatorii reprezentate $E(x)$, limita inferioară a funcției este :

$$1 - F(t) \geqslant \begin{cases} \exp - (t/E\ (x)), & \text{pentru } t < E(x) \\ 0 & \text{, pentru } t \geqslant E(x), \end{cases}$$

iar limita superioară este :

$$1 - F(t) \leqslant \begin{cases} 1, & t < E(x) \\ e^{-wt}, & t \geqslant \mu_1, \end{cases}$$

unde w depinde de t și satisface relația :

$$1 - wE(x) = e^{-wt}$$

Aceste limite au aplicații în cazul în care considerăm un sistem format din n componente independente în serie cu $\lambda(t)$ crescător și mediile $E(X_i)$. Probabilitatea de supraviețuire în acest caz este :

$$\prod_{i=1}^{n} (1 - F_i\ (t) \geqslant \begin{cases} \exp - t \sum_{i=1}^{n} E\ (X_i), & t < min\ (E\ (X_1), \ldots, E\ (X_n)) \\ 0 & \text{, } t \geqslant min\ (E\ (X_1), \ldots, E\ (X_n)) \end{cases}$$

Similar pentru un sistem cu n componente în paralel, probabilitatea de defectare a sistemului este :

$$\prod_{i=1}^{n} F_i\ (t) < \begin{cases} \prod_{i=1}^{n} (1 - \exp\ (t/E\ (X_i)), & t < min\ (E\ (X_1), \ldots, E\ (X_n)) \\ 1 & \text{, } t \geqslant min\ (E\ (X_1), \ldots, E\ (X_n)) \end{cases}$$

Modelele analitice de calcul ale indicatorilor de siguranță pentru echipamente cu funcții de repartiție diferite de exponențiale se bazează pe metoda stărilor fictive, metoda variabilei complementare sau a procesului de inserție [6].

Pe baza acestora se pot calcula indicatorii de siguranță pe termen scurt off-line sau on-line.

Metodologia propusă [3], [5], [6], experimentată la nivel de sistem, calculează în regim off-line :

— probabilitatea de apariție a unui regim nesigur ;

— probabilitatea de solicitare a unei rezerve momentane de o anumită valoare ($\lessgtr$).

Informațiile necesare aplicării programului elaborat sînt :

— lista echipamentelor planificate oră de oră pentru funcționarea sistemului ;

— lista echipamentelor planificate a fi scoase în reparație planificată în intervalul de prognoză ;

— nivelul de putere în rezervă pe paliere de sarcină (oră de oră) ;

— intensitatea de avariere a echipamentelor din sistem ;

— lista de echipamente ale căror avarii conduc la un regim nesigur.

Criteriile de selecție a elementelor periculoase sînt :

— avarii de grupuri care conduc la un deficit pe sistem mai mare decît nivelul de rezervă turnantă disponibil ;

— avarii de LEA care conduc la supraîncărcarea altor artere ;

— avarii de secții de bare la care se racordează liniile sau grupuri implicate în listele anterioare.

Calculele se pot face pe zone sau pe întreaga țară.

Una dintre informațiile importante furnizate de acest program este nivelul de rezervă turnantă necesar pe diverse paliere ale curbei de sarcină, avînd în vedere probabilitățile cele mai mari de avariere pentru o putere P_x.

Rezultatele obținute constituie o informație suplimentară pentru programul de repartiție optimă a sarcinii pe centrale.

În calculele on-line, calculul probabilității de apariție a unui regim nesigur se face pornind de la regimul staționar obținut prin telemăsură.

Lista de elemente periculoase conține :
— grupuri cu putere unitară mai mare decît nivelul de rezervă turnantă ;
— liniile de 400 și 220 kV încărcate la 40% din nivelul maxim admis și linii din zone cu condiții meteorologice nefavorabile ;
— secții de bare la care se racordează elemente din listele anterioare și cele care asigură platforme industriale de importanță națională.

Aceste liste sînt considerate la contingențele de simulat în programul de siguranță pe timp scurt.

Funcția de siguranță calculată se compară cu valoarea preliminată off-line și cu curba de tendință a valorilor anterioare determinate zi de zi și prelucrate prin metodele statisticii dinamice.

Dacă probabilitatea de apariție a unui regim nesigur $S(t_{i+1})$ este deasupra curbei de tendință, atunci :
— programul execută o ordonare în șir descrescător a grupurilor din lista de elemente periculoase ;
— se caută grupul cu probabilitatea cea mai mare de avariere care are rezervă în sistem în putere echivalentă cu sarcina lui ;
— se compară timpul de acces la rezervă cu intervalul de timp pe care $S(t_{i+1})$ este deasupra curbei de tendință preliminate ;
— dacă timpul de acces este mai mic decît intervalul preliminat mai sus, se indică oportunitatea pregătirii și pornirii rezervei.

Programele de siguranță pe timp scurt, alături de cele utilizate în alegerea variantelor optime de dimensionare, oferă un instrument de exploatare și dezvoltare rațională și economică a resurselor energetice, avînd în vedere comportarea în timp a echipamentelor în sistem.

Bibliografie

[1] Edwin, K. W. și Kocs, H. D. *Determination of the operational fast reserve for bulk power generation systems.* PSCC, 1978.

[2] Patton, A. D. *A probability method for bulk power system security assessment,* I, II, III, IEEE Power Apparatus and Systems, nr. 41970, noiembrie, decembrie 1972.

[3] Nitu, V.I., Petrescu, A. M. și Sevastru, A. *Metode de evaluare a siguranței pe timp scurt pentru verificarea condițiilor de funcționare.* Simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", 13—14 oct. 1977.

[4] Nitu, V. I., *Fiabilitatea instalațiilor energetice.* Editura Academiei R.S.R., București, 1973.

[5] Nitu, V. I., Petrescu, A. M. și Oprișan, G. *Modele de prognoză utilizate în estimarea siguranței pe termen scurt.* Sesiunea ISPE, 17—18 mai 1979.

[6] Petrescu, A. M. și Nitu, P. C. *Metode analitice utilizate în estimarea parametrilor de siguranță pentru echipamente energetice cu funcții de repartiție a perioadelor de funcționare neexponențiale.* Sesiunea ISPE, 17—18 mai 1979.

[7] Barlow, R. E., Proschan, F. și Hunter, L. C. *Mathematical theory of reliability,* New York, 1967.

Factorii favorizanți în dezvoltarea interconectării sistemelor energetice naționale prin linii de mare capacitate

Ing. **A. Sevastru**
—ISPE—

1. Principii utilizate în exprimarea siguranței de funcționare în paralel a sistemelor energetice naționale

Studiile întreprinse în diverse țări în ultimul deceniu au scos în evidență existența unor posibilități însemnate de extindere a colaborării între ele de natură să determine chiar o reducere a efortului financiar al fiecărei țări și al țărilor în ansamblu pentru dezvoltarea cerințelor de putere de rezervă în centrale. Astfel, calculele au arătat că, menținînd aceleași condiții de siguranță a unei funcționări izolate, se poate realiza, în condiții de interconectare și funcționare în paralel cu alte sisteme energetice naționale, reducerea necesarului total de putere instalată pe ansamblul centralelor electrice ale țărilor și pe fiecare țară în parte. Această reducere de putere de rezervă se obține din valorificarea nesimultaneității dintre țări a utilizării puterilor de rezervă, corelat cu existența decalajului orar și anual al vîrfurilor de sarcină dintre țări [1], [2].

În prezent s-a ajuns ca țările să realizeze numai parțial unele avantaje ale mersului în paralel.

Incertitudinea și insuficiența informațiilor asupra structurii consumului de energie electrică și a exigenței cerute pentru asigurarea continuității în alimentarea consumatorilor, asupra structurii centralelor și echipamentelor energetice prognozate, gradul diferit de fiabilitate al echipamentelor fabricate, condițiile diferite de exploatare a acestui echipament, precum și structura diferită a prețurilor folosite în economia fiecărei țări au constituit factorii principali care au determinat caracterul foarte complex al problemelor de interconexiune și totodată reținerea principală a țărilor de a colabora la reducerea de putere

La exprimarea siguranței în funcționare a două sau mai multe sisteme energetice pot fi folosite două principii, și anume:

— creșterea nivelului general de siguranță al funcționării în paralel a sistemelor energetice interconectate, fiecare țară dimensionîndu-și nivelul propriu de rezervă de putere în condițiile funcționării izolate de celelalte sisteme și apelînd, prin intermediul liniilor de interconexiune, la ajutor de avarie numai în situații excepționale (avarii grele). În acest caz, pe liniile de interconexiune apar schimburi neplanificate de putere de rezervă care acoperă deficitul de putere de rezervă ce nu a putut fi acoperit de țara respectivă din rezerva internă planificată;

— reducerea în țări a necesităților de putere de rezervă în condițiile menținerii unor acelorași niveluri de siguranță ce rezultă la o funcționare total independentă a fiecărei țări; în cadrul aplicării acestui principiu, liniile de interconexiune necesită o capacitate mai mare de transport, deoarece se suprapun cu o anumită simultaneitate atît puterile de schimb de întrajutorare permanentă rezultate din efectul de economisire a puterii de rezervă pentru avarii, cît și cele rezultate din întrajutorările cu caracter excepțional (avarii grele).

Investițiile necesare pentru realizarea unei capacități corespunzătoare de transport a liniilor de interconexiune pot fi compensate de multe ori avantajos de economiile realizate prin reducerea puterii proprii de rezervă, ceea ce determină în ansamblu eficiența unei interconexiuni. Modul de dimensionare a capacității liniilor de interconexiune între țări în acest caz este arătat la cap. 4.

În condițiile actuale de exploatare a sistemelor energetice interconectate ale țărilor se utilizează primul principiu. Efortul actual al țărilor este de a găsi, în condiții reciproc avantajoase, aplicarea celui de-al doilea principiu, modul de garantare a acestor avantaje și limitele admisibile ale abaterilor ce pot fi acceptate de țări, față de nivelul de referință al gradului de siguranță convenit în comun să fie menținut.

2. Modele economice de exprimare a indicatorului optim de risc

În decursul timpului, țările, în funcție de experiența căpătată în exploatare și progresul realizat în dezvoltarea teoretică a problemelor de siguranță, au utilizat anumite criterii proprii de exprimare a siguranței în funcționare, implicit asigurarea cu rezervă de putere necesară în centrale.

În literatură se exprimă aceste nevoi de rezervă pentru avarii fie indicîndu-se niște procente din puterea maximă de vîrf anual (denumit criteriul fizic), fie sub forma unui indice de risc, considerat acceptabil, de nealimentare la un moment dat și într-un interval de timp dat (an, lună) a unei puteri maxime de vîrf și a unei energii cerute de consumatori [3], [4], [6].

Acești indicatori au la bază o anumită experiență de exploatare, însă nu pot reda în mod explicit conținutul economic al nivelului de risc de neasigurare cu putere de rezervă, pentru un sistem de energie sau altul. Din acest motiv, folosirea unui criteriu economic de exprimare optimă a nivelului de risc (implicit a nivelului optim de putere de rezervă necesar) constituie actualmente în multe țări, inclusiv în țara noastră, una dintre preocupările principale ale activității de planificare optimă a dezvoltării unui sistem energetic.

2.1. Modele bazate pe programe de calcul

La o anumită structură și variație a curbei de sarcină pentru un anumit parc de echipament în centrală și indicatori de fiabilitate ai acestui echipament, se poate determina, prin metode probabilistice și economice, un volum optim necesar al puterii de rezervă, atît în sistemul energetic al unei țări, cît și pe ansamblul sistemelor energetice interconectate.

În modelele economice respective se are în vedere faptul că creșterea sau scăderea puterii instalate în centrale are drept consecințe, pe de o parte, sporirea — respectiv diminuarea — cheltuielilor legate de investiții în centrale, iar pe de altă parte efectul contrar al diminuării — respectiv al creșterii — cantității energiei electrice nelivrate consumatorilor determinată în mod probabilistic. Minimizarea funcției de cheltuieli totale (între cele două componente cu efecte contrare) conduce la un optim al puterii necesare de rezervă atît pe fiecare sistem energetic separat, cît și pe ansamblul sistemelor energetice interconectate, reprezentînd baza modelelor economice de fundamentare a necesarului optim de rezervă în țara noastră și în alte țări.

Funcția cheltuielilor este dată de relația (1):

$$C_T = C_I + C_e, \qquad (1)$$

unde

C_T este valoarea cheltuielilor totale;

C_I — valoarea cheltuielilor anuale ale componentei de investiție (amortismente și întreținere);

C_e — valoarea energiei electrice nelivrate pentru un anumit cost unitar al acesteia (determinată prin metode probabilistice avînd la bază o repartiție binomială).

În această funcție, diverși indicatori tehnici și economici au o anumită influență și determină o anumită corelație, astfel:

a) Influența indicatorului de cost al puterii unitare instalate în centrale, corelat cu variația costului energiei electrice nelivrate, poate fi urmărită în cadrul relației care exprimă compromisul ce se realizează din compensarea sporului de investiții în centrale prin diminuarea valorii energiei electrice nelivrate consumatorilor, astfel:

$$a \cdot \Delta P + e \cdot \Delta D = 0, \qquad (2)$$

unde

a este costul unui kW instalat în centrală, lei/kW;

e — costul unitar al energiei electrice nelivrate, lei/kWh;

ΔP — puterea instalată suplimentar în sistem, kW;

D — mărimea energiei electrice nelivrate consumatorilor, kWh;

ΔD — variația valorii energiei electrice nelivrate în urma instalării unei puteri suplimentare de rezervă, lei.

Calculele efectuate în diverse țări arată, de exemplu, că o creștere la dublu a costului unitar în centrale sau a costului unitar al energiei electrice nelivrate poate conduce la o reducere relativ importantă a necesarului de rezervă, reprezentînd circa 0,8% din puterea maximă de consum a tuturor sistemelor energetice interconectate;

b) Mărimea indicatorului de fiabilitate al grupurilor (q) din centralele electrice are o influență asupra termenului C_e din relația (1). Valoarea acestui indicator (q) este legată de starea echipamentului, calitatea exploatării, calitatea fabricației etc. Un nivel ridicat al indicatorului de fiabilitate conduce la prevederi mai mici de putere de rezervă în sistemul energetic respectiv și deci la cheltuieli de investiții mai scăzute. Calculele efectuate arată, de exemplu, că o reducere a lui q de la 12 la 8% poate determina o economie de reducere a puterii de rezervă, de exemplu, de circa 0,8% din puterea maximă de vîrf a sistemelor energetice interconectate, avînd deci o pondere relativ însemnată. Un nivel mai scăzut al indicatorului de fiabilitate îl au țările care cunosc ritmuri mari de instalare anuală de puteri noi, multe grupuri fiind în situația de a nu putea atinge parametrii nominali decît într-un anumit timp mai îndelungat de la punerea lor în funcțiune. Aceste țări pot beneficia cel mai mult de avantajele interconectării prin linii de transport cu sisteme energetice puternice, putînd evita prin aceasta situațiile defavorabile ale lipsei temporare de putere în sistemul energetic respectiv (fără sacrificii la consumatori).

2.2. *Folosirea de nomograme precalculate*

În cadrul metodologiei CAER, exprimarea optimului de putere de rezervă se face în condiții similare altor metodologii [2], [5], considerînd apriori un nivel de siguranță dat (convențional stabilit la valoarea de 0,999).

La stabilirea energiei electrice nelivrate, probabilitatea apariției diverselor deficite de putere într-un sistem energetic se determină din examinarea concomitentă a probabilităților de avariere a agregatelor și a probabilităților de modificare a sarcinii prognozate (folosind o repartiție binomială a probabilităților de tip Poisson).

Valoarea energiei electrice probabile nelivrate se determină pentru un interval de timp dat. Nomogramele sînt trasate pe baza sintetizării unui număr mare de calcule efectuate folosind calculatoarele electronice și programe de calcul care permit să se determine valoarea optimă a puterii de rezervă în sistem în funcție de structura grupurilor, a indicatorului q, caracterul curbei de sarcină, costul daunei la consumatori, costul puterii unitare instalate în sisteme etc.

Mărimea puterii de rezervă se obține în condiții de optimum, în care costul suplimentar al energiei electrice nelivrate trebuie să fie cel puțin egal cu valoarea cheltuielilor anuale Z (investiția plus cheltuielile de exploatare) legate de instalarea unei puteri suplimentare de rezervă de εMW în sistem.

Această condiție poate fi formulată astfel:

$$I^d_{m\varepsilon} > \frac{Z}{t \cdot e} \geqslant I^d_{(m+1)\varepsilon}$$

în care

$I^d_{m\varepsilon}$ și $I^d_{(m+1)\varepsilon}$ reprezintă valoarea integralei de probabilități de $m\varepsilon$ și $(m+1)\varepsilon$ deficit de putere înainte și după instalarea în sistem a unei puteri suplimentare în centrale de mărime εMW;

t — intervalul de timp examinat;

e — costul unitar al energiei electrice nelivrate;

ε, m — mărimea puterii unitare de rezervă, respectiv numărul de grupuri în avarie.

Această relație stă la baza metodologiei provizorii CAER pentru determinarea rezervei optime de putere, pentru un nivel de siguranță de 0,999. Integrala probabilităților de deficit exprimată în condițiile indicatorului

de siguranţă de 0,999 are implicit următoarea valoare :

$$a = \frac{Z}{t \cdot e} = 1 - 0{,}999 = 0{,}001$$

Raportul de interdependenţă între mărimile economice ce intră în relaţia de calcul susmenţionată (a şi e) poate fi diferit de la o ţară la alta, ţinînd seama de specificul acestor ţări privind costul mediu al energiei electrice nelivrate consumatorilor proprii, precum şi costul puterii unitare în centrale.

Pentru caracterizarea interdependenţei dintre aceste două mărimi, în diagrama din figura 1 se prezintă variaţia indicatorului de siguranţă $(1-a)$ în instalaţiile de producere dintr-un

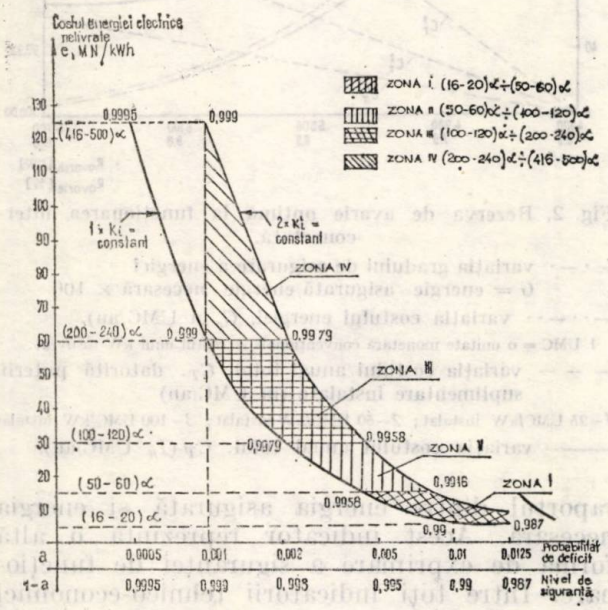


Fig. 1. Variaţia nivelului de siguranţă în sistem $(1-a)$ funcţie de costul unitar al energiei electrice nelivrate consumatorilor (e) şi de costul puterii unitare de rezervă $(k)_i$ instalate în sistem

$$\frac{Z}{e \cdot T} = a = \frac{E(k_i + 0{,}1\, k_i)}{e \cdot 8760}, \text{ în care}$$

e — costul energiei electrice nelivrate; T — 8760 ore; Z — cheltuielile totale necesare la instalarea unui kW putere de rezervă; E — coeficient de eficienţă economică; K_i — costul unui kW instalat în centrală; α — costul mediu al energiei electrice produse în sistem; MN — moneda naţională din ţara respectivă.

sistem energetic funcţie de variaţia costului energiei electrice nelivrate pentru două valori extreme ale costului unui kW instalat de putere de rezervă în sistemul energetic respectiv. În condiţiile ţării noastre, indicatorul optim de siguranţă (definit conform relaţiei de mai sus) pentru valor de cost unitar al energiei electrice de 30—60 ori kWh medie produsă în sistem (zona I din diagramă) şi al puterii instalate de 5000 şi 10 000 lei /kW se situează între 0,987 şi 0,996, deci mult sub valoarea de 0,999 din metodologia CAER. Chiar şi în condiţiile indicatorilor de cost din zonele II—III, limita maximă a nivelului de siguranţă în condiţiile noastre poate fi de cel mult 0,9975, ţinînd seama de creşterea mai accentuată a indicatorului K_i comparativ cu cea a indicatorului e. De menţionat că trecerea la un nivel superior de siguranţă, de exemplu de la 0,99 la 0,999, presupune un spor de circa 50% al puterii de rezervă.

Rezultă deci ca evidentă necesitatea ca ţările interesate să examineze şi să determine pe o bază cît mai fundamentată nivelul comun de referinţă al gradului de siguranţă. Aceasta ar putea fi făcută evitînd supradimensionările nejustificate economic ale rezervei de putere necesare în fiecare sistem energetic (aşa cum rezultă, de exemplu, pentru noi şi eventual pentru alţii în cazul considerării valorii de 0,999) cît şi subevaluările care pot periclita funcţionarea în paralel a sistemelor energetice interconectate. Acestea pot fi încadrate în anumite limite de abatere, convenite de ţări ca admisibile, reprezentînd obiectul garanţiilor pentru o reglementare în viitor.

3. Rezultate de calcul ale economiei puterii de rezervă obţinute în condiţiile aplicării celor două metodologii la studierea interconectării a cinci sisteme energetice naţionale

Influenţa indicatorilor tehnico-economici în estimarea avantajelor de interconectare a fost examinată în cadrul unor studii efectuate în ISPE pentru cinci sisteme energetice (S I, S II, S III, S IV şi S V).

Evaluarea necesităţilor de putere optimă de rezervă în condiţiile funcţionării izolate şi în condiţiile funcţionării interconectate a celor cinci sisteme energetice naţionale s-a făcut aplicînd cele două metode de calcul al puterii de rezervă menţionate în referat.

Rezultatele obţinute pun în evidenţă următoarele aspecte mai importante :

a) În cadrul menţinerii unui aceluiaşi grad de siguranţă de referinţă convenit în comun, prin folosirea, de către cele cinci sisteme, a unei rezerve comune pe ansamblul acestor ţări, necesarul total de rezervă în acest caz este mai redus decît suma necesarului de rezervă de avarie al tuturor ţărilor funcţionînd fiecare izolat (neinterconectat). Conform calculelor efectuate şi prezentate sintetic în tabelul 1 şi curbelor din figura 2, rezultă că economia totală de rezervă de putere pentru avarii poate fi între 2000 şi 3000 MW în cazul aplicării criteriului C_T (cheltuieli anuale totale $C_T = C_a + C_e$) şi între 2700 şi 4000 MW (deci valori mai mari) în cadrul aplicării unui nivel de siguranţă convenţional ales de 0,999. Aşa cum s-a arătat mai sus, acest nivel de siguranţă este foarte ridicat, ceea ce explică în bună

Tabelul 1

Rezerva de avarie optimă la funcţionare izolată şi interconectată

Sistemul energetic	Puterea disponibilă în centrale MW	Sarcina maximă anuală MW	Rezerva totală preliminată		Rezerva optimă necesară	
			MW	%	după criteriul C_T*) MW	după nomograme**) MW
I	12050	11300	750	6,6	1690***)	1800
					1500	1670
					1160	1470
II	9395	5900	1495	25,4	1100	1700
					910	1540
					670	1360
III	23785	17540	6245	35,6	2400	3540
					2170	3175
					1900	2880
IV	12370	8850	3520	49,8	1550	2120
					1400	1970
					1160	1800
V	28100	18500	9600	51,9	2860	3840
					2630	3500
					2360	3170
Total funcţionare izolată	83700	62090	21610	34,8	9600	13000
					8510	11855
					7250	10680
Reducerea puterii de rezervă la funcţionare interconectată (conf. diagramelor)	—	—	—	—	2900	3900
					2710	3255
					2050	2755

*) Cost total minim al puterii suplimentare.
**) Calculul rezervei optime după nomograme precalculate cu asigurare 99,9%
***) 1690 pentru un cost UMC/kW inst. = 25;
1500 pentru un cost UMC/kW inst. = 50;
1160 pntru un cost UMC/kW inst. = 100.

parte diferenţa în plus a necesarului de rezervă de putere ce a rezultat faţă de criteriul C_T.

Aceste valori de economie, date de cele două metodologii, au un caracter teoretic, ţinînd seama de imposibilitatea mobilizării de fiecare ţară a întregului disponibil de putere de rezervă, acesta fiind repartizat pe un număr mare de grupuri şi centrale. Din acest motiv s-a apreciat de către ţări ca fiind necesară utilizarea unui coeficient de reducere a avantajelor teoretice rezultate din calcule (în metodologia CAER s-a ales 0,5). Această economie de putere totală de rezervă de avarie rezultată pe ansamblul ţărilor poate fi repartizată pe fiecare ţară după un anumit criteriu convenit în prealabil de aceste ţări (de exemplu, proporţional cu puterea de vîrf maxim anual al fiecărei ţări), problemă care comportă o studiere în continuare.

b) Influenţa indicatorului de cost al puterii specifice instalate în centrale (UMC/kW instalat) asupra nivelului puterii de rezervă este arătată în tabelul 1 şi în diagramă în cadrul aplicării criteriului cheltuielilor C_T pe fiecare ţară în parte (funcţionare izolată) şi pe ansamblul ţărilor (funcţionare interconectată).

În diagrama din figura 2 este de asemenea prezentată pentru orientare comparativă variaţia gradului de asigurare al energiei electrice pe ansamblul ţărilor, definită ca reprezentînd

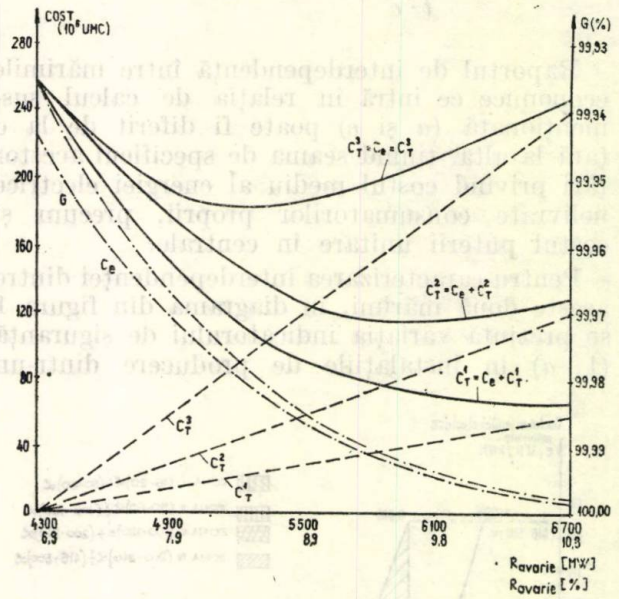


Fig. 2. Rezerva de avarie optimă la funcţionarea interconectată.

— · — · variaţia gradului de asigurare a energiei G = energie asigurată/energie necesară × 100

— · · — · · variaţia costului energiei, C_e în UMC/an).

1 UMC = o unitate monetară convenţională = costul unui kW ne livrat.

— — — variaţia costului anual total, C_T, datorită puterii suplimentare instalate (în UMC/an)

1—25 UMC/kW instalat; *2*—50 UMC/kW instalat; *3*—100 UMC/kW instalat

——— variaţia costului anual total, C_T (I_n UMC/an).

raportul dintre energia asigurată şi energia necesară. Acest indicator reprezintă o altă formă de exprimare a siguranţei de funcţionare. Între toţi indicatorii tehnico-economici menţionaţi există deci o strînsă interdependenţă, a cărei influenţă este foarte importantă în estimarea avantajelor de interconectare a sistemelor energetice naţionale.

4. Dimensionarea capacităţii liniilor de interconexiune

Studiile întocmite în decursul timpului şi experienţa acumulată de ţări în exploatarea funcţionării în paralel a sistemelor energetice naţionale au arătat că liniile de interconexiune trebuie să facă faţă următoarelor schimburi posibile între ţări:

a) puteri şi energii planificate pentru export, import şi tranzit de energie electrică rezultate din operaţiile de cooperare determinate prin acorduri de lungă sau scurtă durată;

b) întrajutorarea de durată (permanentă), cu puteri garantate de rezervă, prin convenirea valorificării efectului de reducere a necesarului de putere de rezervă pe ansamblul sistemelor energetice şi pe fiecare sistem ener-

getic în parte și al efectului de nesimultaneitate al vîrfurilor de sarcină (în urma suprapunerii graficelor de sarcină);

c) întrajutorare temporară cu puteri de rezervă în situații excepționale de avarii grele în unul din sistemele energetice naționale participante la interconexiune.

Prima categorie de puteri planificate (a) pentru export-import și tranzit de energie electrică constituie operații uzuale comerciale de cooperare. Celelalte două categorii (b și c), avînd de asemenea un conținut economic important, constituie probleme diferite de prima categorie, dat fiind caracterul lor de apariție aleatoriu, determinînd o anumită complexitate din punct de vedere al estimării, valorificării și garantării mărimilor de calcul obținute.

Estimarea mărimii puterilor de rezervă de avarie de întrajutorare permanentă (b) sau temporară (c) presupune necesitatea efectuării unor analize mai complexe, ținînd seama de caracterul aleatoriu al avariilor și al variației curbelor de sarcină, necesitînd în acest scop folosirea de metode și modele probabilistice perfecționate.

Pentru a ilustra factorii care pot avea influență asupra mărimii puterilor de schimb de avarie din cea de-a doua categorie (b), în figura 3 se prezintă curbele care caracterizează dependența dintre valoarea integralei probabilităților de deficit și necesarul de putere de

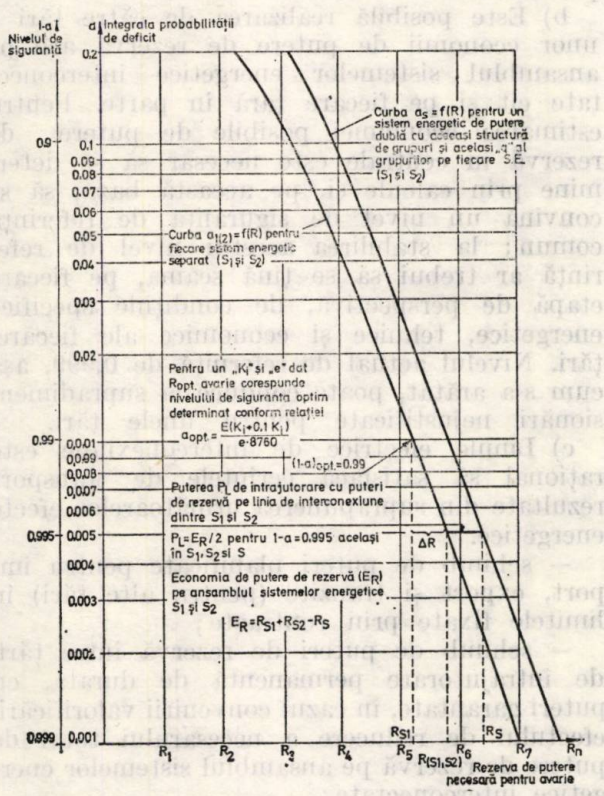


Fig. 3. Variația rezervei necesare de putere pentru avarii (R_n) în sistemul energetic național în funcție de valoarea integralei probabilității de deficit (a) sau a indicatorului de siguranță ($1-a$).

rezervă de avarie în sistemele energetice considerate. Pentru exemplificare, se prezintă cazul simplificat a două sisteme energetice de aceeași mărime, avînd caracteristici similare, de structură a grupurilor, a indicatorilor de fiabilitate ale acestor grupuri și a alurii curbei de sarcină. Se poate observa pe diagramă că mărimea economiei de putere de rezervă de avarie, ce se poate obține din nesimultaneitatea avariilor în cele două sisteme energetice, este egală cu $E_R = R_{s_1} + R_{s_2} - R_S$. Pentru ca siguranța în funcționare să fie menținută la același nivel cu cel pe care l-au avut cele două sisteme energetice înainte de interconectare, apare necesitatea realizării unei legături de interconexiune care să permită întrajutorare din rezerva comună, a cărei mărime de vehiculare în cazul dat reprezintă jumătate din puterea totală de rezervă de avarie economisită, exprimată pe diagramă cu puterea P_L.

În cazul în care sistemele energetice studiate au niveluri optime de siguranță diferite (pe diagramă notat cu $a = 0,99$, în care rezerva optimă de putere de avarie este egală cu R_1), schimbul de putere rezultat pe linia de interconexiune va fi mai mare (P_L plus cota parte din ΔR), deci diferită de cea anterioară.

Apare evidentă, deci, necesitatea determinării și convenirii unui nivel comun de referință al indicatorului de siguranță ($1-a$) față de care să se raporteze economiile de putere de rezervă realizate de ambele țări și de fiecare țară în parte și dimensionate, în consecință, liniile de interconexiune care să asigure schimbul rezultat de întrajutorare cu putere.

Aducerea la un indicator de referință comun de siguranță presupune, pentru țara respectivă, necesitatea alocării unor puteri de rezervă în plus sau în minus, în funcție de valoarea mai mică, respectiv mai mare, a acestui indicator față de valoarea indicatorului comun de siguranță. Cunoașterea acestor abateri servește la corectarea economiei de putere atribuită fiecăruia dintre cele două sisteme energetice examinate. Dacă nu s-ar face această corectare, ar putea rezulta situații în care realizarea de economii de putere de avarie de către o țară să apară ca fictivă pentru ea și cu beneficii mari pentru cea de-a doua. Din acest motiv, alegerea judicioasă a unui indicator de referință comun de siguranță trebuie făcută în condițiile unor abateri cît mai mici față de indicatorul propriu de siguranță al fiecărei țări, ceea ce poate fi estimat pe bază de calcule elaborate în comun de țări la fiecare etapă de perspectivă.

Pentru cea de-a treia categorie (c), care reprezintă puterea de întrajutorare cu puteri de rezervă în cazuri excepționale de avarie, în practica de proiectare a rețelelor electrice din diverse țări se consideră (bazat pe folosirea experienței de exploatare) necesitatea asi-

gurării transportului pe liniile de interconexiune al unei puteri echivalente cu căderea a două dintre cele mai mari grupuri din sistemul energetic respectiv, devenit deficitar în urma avariei.

La căderea a două grupuri mari rezultă o corespunzătoare scădere a frecvenţei şi, în consecinţă, o reducere a consumului în sistemele energetice interconectate. Pe baza experienţei de exploatare se consideră că efectul de reglaj al scăderii frecvenţei de 1% poate conduce la o reducere a sarcinii active de consum de circa 2%. În sisteme energetice puternice, căderea unor grupuri mari de 1000—2000 MW poate determina variaţii de frecvenţă de circa 0,3%, mărime ce intră în limitele de insensibilitate ale regulatoarelor turbinelor.

Aceste puteri de 1000—2000 MW pot vehicula, deci, pe liniile de interconexiune fără a se putea interveni imediat la restabilirea condiţiilor normale. În consecinţă, liniile de interconexiune pot fi solicitate la puteri mari de transport, necesitind în consecinţă o dimensionare corespunzătoare celor trei categorii de puteri de schimb rezultate ($a + b + c$).

Dacă se ţine seama de siguranţa transportului, şi anume în cadrul menţinerii unei rezerve de stabilitate statică de scurtă durată (pînă la 15 minute) de 8% în regim de după avarie, liniile de interconexiune trebuie să dispună de o capacitate de transport care să satisfacă puterea totală de transport dată de relaţia :

$$P_{total\ linii} = (P_{p1} + P_{s\,c\,s} + P_{s\,av} + P_{2\,grup})1{,}08$$

în care

P_{p1} este puterea planificată pentru export (import) şi tranzit ;

$P_{s\,c\,s}$ — puterea rezultată din valorificarea efectului de suprapunere a curbelor de sarcină ale sistemelor energetice interconectate ;

$P_{s\,av}$ — puterea de schimb permanent rezultată din valorificarea efectului de nesimultaneitate al folosirii rezervelor de avarie în sistemele energetice interconectate ;

P_{2gr} — puterea de schimb temporar în situaţii excepţionale, asigurată în cazul considerării căderii a două grupuri dintre cele mai mari din sistemul energetic deficitar.

Analizele şi calculele efectuate în decursul timpului au arătat, de exemplu, că efectele componentelor $P_{s\,c\,s}$, $P_{s\,av}$ şi $P_{2\,gr}$ (în cazul în care nu se pune problema unui import, export sau tranzit de energie electrică planificată) pot justifica singure oportunitatea realizării unei interconexiuni, şi anume în condiţiile în care economiile interne de putere de rezervă sînt egale sau mai mari decît cheltuielile necesare pentru realizarea unor linii şi staţii de interconexiune.

Pentru exemplificare se prezintă cazul posibil al economisirii unei puteri instalate de circa 350 MW (efectul componentelor $P_{s\,c\,s}$ şi $P_{s\,av}$). Această economie de putere poate justifica realizarea unor instalaţii de interconexiune în valoare corespunzătoare unei linii de foarte înaltă tensiune (de exemplu 750 kV c.c.) de circa 400—600 km, limite ce pot varia în funcţie de costul unitar al puterii economisite în centrale ; distanţa se reduce la aproximativ o treime sau jumătate dacă pentru interconectarea unui sistem energetic la o reţea de 750 kV este necesară şi o staţie coboritoare (de legare a reţelelor de tensiuni diferite), a cărei capacitate va trebui să asigure şi transportul puterii — $P_{2\,gr}$.

Concluzii

Din articolul de faţă se pot desprinde următoarele concluzii mai importante :

a) Dintre avantajele energetice care au condiţii în continuare de a fi valorificate de ţări, în urma funcţionării în paralel, sînt cele legate de creşterea siguranţei în funcţionare prin beneficierea de ajutor cu putere de rezervă în situaţii excepţionale de avarii, pentru a acoperi deficitul de putere ce nu a putut fi satisfăcut de ţara respectivă din rezerva internă planificată.

b) Este posibilă realizarea de către ţări a unor economii de putere de rezervă atît pe ansamblul sistemelor energetice interconectate cît şi pe fiecare ţară în parte. Pentru estimarea economiei posibile de putere de rezervă în centrale este necesar să se determine prin calcule şi, pe această bază, să se convină un nivel de siguranţă de referinţă comun ; la stabilirea acestui nivel de referinţă ar trebui să se ţină seama, pe fiecare etapă de perspectivă, de condiţiile specifice energetice, tehnice şi economice ale fiecărei ţări. Nivelul actual de referinţă de 0,999, aşa cum s-a arătat, poate conduce la supradimensionări nejustificate pentru unele ţări.

c) Liniile electrice de interconexiune este raţional să satisfacă cerinţele de transport rezultate din suprapunerea următoarelor efecte energetice.

— schimb de puteri planificate pentru import, export şi tranzite (pentru alte ţări) în limitele fixate prin contracte ;

— schimb de puteri de rezervă între ţări, de întrajutorare permanentă de durată, cu puteri garantate, în cazul convenirii valorificării efectului de reducere a necesarului total de putere de rezervă pe ansamblul sistemelor energetice interconectate ;

— schimb de putere ca urmare a valorificării nesimultaneităţii vîrfurilor de sarcină ale ţărilor ;

— schimb de putere de întrajutorare temporară în cazul apariţiei unor situaţii excepţionale de avarii grele (de exemplu căderea a două dintre cele mai mari grupuri în unul din sistemele energetice participante la interconexiune).

d) Capacitatea de transport a liniilor de interconexiune trebuie să satisfacă condiţiile de siguranţă impusă de stabilitatea statică în limitele de rezervă de stabilitate convenită de ţări (8% în regim de după avarie a două grupuri).

e) Eficienţa realizării unei interconexiuni prin liniile de mare capacitate poate fi determinată şi în condiţiile valorificării parţiale a componentelor menţionate la pct. *c*) dacă economiile interne de putere de rezervă pot compensa cheltuielile necesare pentru realizarea de noi linii de interconexiune de mare capacitate sau eventual sporirea capacităţii liniilor existente prin diverse mijloace (de exemplu compensarea reactanţei liniilor, schimbarea profilului liniei prin modificarea secţiunii şi numărului conductoarelor etc.).

f) Necesitatea asumării unor obligaţii internaţionale pentru garantarea, în anumite limite convenite de ţări ca admisibile, a valorilor de schimb cu puteri de rezervă rezultate din valorificarea nesimultaneităţii folosirii rezervelor planificate pentru acoperirea avariilor (puterile de rezervă de întrajutorare permanentă de durată în urma economisirii rezervei pe ansamblul ţărilor).

g) Sînt necesare studii în continuare pentru explicitarea unor cerinţe care să permită alegerea unor criterii cît mai obiective pentru repartizarea între ţări a efectelor energetice determinate pe ansamblul ţărilor. De asemenea, se impune o revizuire a gradului de valorificare a avantajelor teoretice estimate prin diverse metode de calcul; valoarea actuală de 0,5 ar putea fi modificată în sensul creşterii ei, ţinînd seama de dezvoltarea apreciabilă a liniilor de interconexiune care a avut loc între timp în ţări.

Bibliografie

[1] * * * UNIPEDE, Grupa de experţi privind structura optimă a reţelei europene. *Studiul economiei de investiţii în mijloacele de producţie realizabile printr-o interconectare totală între ţările europene.* Octombrie 1971.

[2] * * * Commission Economique pour l'Europe, Comité de l'Energie Electrique. *Interconnexion entre les réseaux de transmission d'énergie électrique des pays de l'est et de l'ouest de l'Europe.* EP/WP, 8. Document de travail nr. 16, 24 mars 1971 et 26 octobre 1971.

[3] Auge, I., Barbey, I. Bergougnouy, J., de Calbiac, I., Delpeah, J. şi Pouget, I. *Risque de défaillance et planification de réseaux à très haute tension.* CIGRE, Session 1972, 28 Août – 6 Sept. (rapp. 32).

[4] Nitu, V.I. *Bazele teoretice ale energeticii.* Editura Acad. R.S.R., Bucureşti, 1977.

[5] Anundov, R. B., Aniscenko, V. A. şi Petrov, K.V. *Metoda extrapolării abaterilor de putere pe liniile de interconexiune.* În: Elektricestvo nr. 2, 1977.

[6] Nitu, V. I., Albert, H. şi Brădescu, M. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[7] * * * Materiale ale Comisiei permanente pentru energie electrică din cadrul CAER, 1978.

Calculul fiabilităţii echipamentelor termomecanice prevăzute cu rezerve

Dr. ing. **Cezar Ionescu**

— Institutul politehnic Bucureşti —

Echipamentele termomecanice sînt instalaţii complexe care intervin în marea majoritate a instalaţiilor industriale, fie ca parte componentă a proceselor tehnologice, fie ca instalaţii de producere şi transformare a energiei. Ele constituie subsisteme de a căror siguranţă în funcţionare depinde siguranţa în ansamblu a sistemului.

Ceea ce este specific acestor instalaţii este faptul că au dimensiuni mari, necesită investiţii importante, solicită sisteme de reglare etc. În această categorie se includ echipamentele: cazane de abur, turbine, degazoare, pompe, ventilatoare, schimbătoare de căldură etc.

Spre deosebire de echipamentele specifice aparaturii electrice şi electronice, la echipamentele termomecanice creşterea siguranţei lor nu se justifică printr-o rezervare pronunţată, cele mai frecvente cazuri fiind: $2 \times 100\%$; $3 \times \times 50\%$; $1 \times 100\% + 2 \times 50\%$ sau în general structuri $n + k$ (n elemente în funcţiune şi k în rezervă).

Elementele în rezervă se caracterizează prin următorii indicatori:

- λ_{RZ} — intensitatea de avarie a rezervei în perioada de aşteptare;
- λ — intensitatea de avarie în perioada de funcţionare;
- t_{CRZ} — timpul necesar de intrare în funcţiune din momentul solicitării;
- p_{RZ} — probabilitatea de funcţionare a rezervei la o solicitare aleatorie.

Alegerea tipului de rezervă trebuie să se facă pe baza calculelor tehnico-economice avînd ca element de bază nivelul de siguranţă impus de procesul tehnologic şi daunele aferente întreruperii lui în caz de avarie.

În faza de proiectare, în domeniul energetic este necesară echivalarea elementelor rezervate prin indicatori echivalenţi, care să permită

simplificarea calculului sistemelor complexe, existînd relaţii de calcul pentru structurile uzual întîlnite [1]. Practica solicită însă, în special în domeniul industriei, o tratare mai adîncă a sistemelor prevăzute cu rezerve, deoarece intervin caracteristici care impun aprofundarea unor aspecte ca durata de comutare a rezervei din starea de aşteptare în funcţiune, alegerea tipului de rezervă etc.

Lucrarea îşi propune prezentarea modului de calcul al principalelor structuri cu rezerve întîlnite curent (pentru rezerve de tip activ, semiactiv şi pasiv) în scopul punerii în evidenţă, comparativ, a performanţelor lor. În tabelul 1 se prezintă indicatorii de fiabilitate ce caracterizează fiecare tip de rezervă.

Tabelul 1

Indicatorul \ Tipul rezervei	Activă *RA*	Semiactivă *RSA*	Pasivă *RP*
Intensitatea de avarie, în funcţiune	λ	λ	λ
Intensitatea de avarie în perioada de aşteptare, *RZ*	λ	$\alpha\lambda$ $0<\alpha<1$	0
Durata de comutare a rezervei, t_{CRZ}	$t_{RA} \approx 0$	t_{RSA}	t_{RP}

Deoarece rezerva semiactivă permite particularizarea celorlalte tipuri, se va urmări în principal acest tip de rezervă. Celelalte rezerve rezultă prin particularizarea lui α şi t_{CRZ} : $\alpha = 1$ *RA*; $\alpha = 0$ *RP*.

Sistemul 2 × 100%

Sistemul 2 × 100% are două caracteristici principale :

— un nivel de rezervare total, concentrat într-un singur element de rezervă;

— fiecare element are o capacitate funcţională maximă.

Alegerea acestui tip de sistem trebuie să se facă în primul rînd în concordanţă cu caracteristicile procesului tehnologic respectiv. Apar următoarele restricţii :

— reviziile şi reparaţiile planificate trebuie să fie corelate cu reviziile celorlalte echipamente pentru a avea acelaşi nivel de siguranţă tot timpul, sau corelate cu perioadele de exigenţă mai scăzută, eşalonîndu-se în timp reviziile şi reparaţiile celor două elemente;

— în perioade de indisponibilitate planificată a rezervei, avarierea elementului în funcţiune întrerupe complet procesul tehnologic, neexistînd posibilitatea unor regimuri parţiale, decît numai în cazul unor avarii ce nu solicită oprirea elementului.

Pentru calculul indicatorilor de fiabilitate se foloseşte metoda lanţurilor Markov cu timp continuu [1], [2]. Prin rezolvarea ecuaţiei matriciale, în cazul rezervei semiactive (în tabelul 2 se prezintă calculul indicatorilor de fiabilitate pentru cele trei tipuri de rezerve) rezultă :

— Probabilitatea de succes :

$$P_S = \frac{1 + (\alpha + 1)\frac{\lambda}{\mu}}{1 + (\alpha + 1)\frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{2}(\alpha + 1)\frac{\lambda^2}{\mu^2}} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda^2}{\frac{2\mu^2}{\alpha + 1} + 2\lambda\mu}} \quad (1)$$

în ipoteza că se neglijează întîrzierea rezerve din momentul solicitării pînă la intrarea ei în funcţiune.

Se observă că la creşterea lui α, P_S scade, deci rezerva pasivă are probabilitatea de succes cea mai mare dintre cele trei tipuri de rezerve. Rezultă că şi $M\,[\alpha(t)]$, timpul mediu total de succes, va fi cel mai mare la rezerva pasivă.

Datorită însă manevrelor elementului rezervă, apar perioade de aşteptare, nefuncţionale, nule la rezerva activă şi cele mai mari la cea pasivă. Timpul de manevră corespunde tranziţiilor sistemului din starea cu ambele elemente disponibile în starea cu un element disponibil cînd se defectează cel în funcţiune :

$$T_M = P_1 \lambda t_{CRZ}\ T \text{ şi deci :}$$

$$M[\alpha(t)]' = P_S T - T_M = \frac{1 + (\alpha + 1)\frac{\lambda}{\mu} - \lambda t_{CRZ}}{1 + (\alpha + 1)\frac{\lambda}{\mu} + \frac{1}{2}(\alpha + 1)\frac{\lambda^2}{\mu^2}} T \quad (2)$$

Datorită timpului de manevră, se modifică atît probabilitatea de succes cît şi timpul mediu total de succes. În acest caz, în funcţie de t_{CRZ}, rezerva cu indicatorii cei mai buni s-ar putea să nu mai fie rezerva pasivă. Ţinîndu-se seamă de dezavantajele rezervei active ce conduce la uzura elementului rezervă, este interesant să se determine limita de la care rezerva pasivă nu mai are P_S şi $M[\alpha(t)]$ cei mai buni. Rezultă condiţia :

$$t_{CRZ} \leqslant \frac{1 - \alpha}{2} \frac{\lambda}{\mu^2} \frac{1}{\left(1 + \frac{\lambda}{\mu}\right)^2} \quad (3)$$

— Numărul mediu de treceri din starea de succes în cea de refuz :

Stările de insucces se produc la avarierea ambelor elemente corespunzînd tranziţiei din

Tabelul 2

Calculul indicatorilor de fiabilitate pentru sistemul 2×100%

Indicatorul	*RA* ($\alpha = 1$)	*RSA* (α)	*RP* ($\alpha = 0$)
P_1	$\dfrac{1}{1 + 2\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{\lambda^2}{\mu^2}}$	$\dfrac{1}{1+(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{1}{2}(\alpha+1)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2}}$	$\dfrac{1}{1+\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{\lambda^2}{2\mu^2}}$
P_2	$2\dfrac{\lambda}{\mu} P_1$	$(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu} P_1$	$\dfrac{\lambda}{\mu} P_1$
P_3	$\dfrac{\lambda^2}{\mu^2} P_1$	$\dfrac{1}{2}(\alpha+1)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2} P_1$	$\dfrac{\lambda^2}{2\mu^2} P_1$
P_S	$\dfrac{1 + 2\dfrac{\lambda}{\mu}}{1 + 2\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{\lambda^2}{\mu^2}}$	$\dfrac{1 +(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu}}{1 +(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{1}{2}(\alpha+1)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2}}$	$\dfrac{1+\dfrac{\lambda}{\mu}}{1+\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{\lambda^2}{2\mu^2}}$
$M[\alpha(t)]$	$P_S T$	$P_S T$	$P_S T$
T_M	0	$P_1 \lambda T t_{RSA}$	$P_1 \lambda T t_{RP}$
$M[\alpha(t)]$	$M[\alpha(t)]$	$M[\alpha(t)] - P_1 \lambda T t_{RSA}$	$M[\alpha(t)] - P_1 \lambda T t_{RP}$
$M[\nu(t)]_{S\to R}$	$P_2 \lambda T$	$P_2 \lambda T$	$P_2 \lambda T$
$M[\beta(t)]$	$P_3 T$	$P_3 T + T_M$	$P_3 T + T_M$
$M[T_f]$	$\dfrac{1}{\lambda} + \dfrac{\mu}{2\lambda^2}$	$\dfrac{1}{\lambda}$ (pentru $t_{RSA} \neq 0$); $\dfrac{1}{\lambda} + \dfrac{\mu}{(\alpha+1)\lambda^2}$ (pentru $t_{RSA} \approx 0$)	$\dfrac{1}{\lambda}$ (pentru $t_{RP} \neq 0$); $\dfrac{1}{\lambda} + \dfrac{\mu}{\lambda^2}$ (pentru $t_{RP} \approx 0$)
$M[T_d]$	$\dfrac{1}{2\mu}$	$\dfrac{1}{2\mu}$	$\dfrac{1}{2\mu}$

starea cu un element avariat în starea cu ambele elemente avariate. Rezultă :

$$M\left[\underset{S\to R}{\nu(t)}\right] = P_2 \lambda T = \frac{\lambda T}{1 + \dfrac{1}{(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu}} + \dfrac{1}{2}\dfrac{\lambda}{\mu}} \quad (4)$$

La creşterea lui α, $M[\nu(t)]$ creşte, deci rezerva activă are cel mai mare număr de refuzuri. Trebuie ţinut seama însă de faptul că la rezervele semiactive şi pasive, în afara acestor tranziţii, toate perioadele cînd se comută rezerva în stare de funcţionare pot constitui o perioadă de refuz.

În acest caz, pentru rezervele semiactive şi pasive numărul mediu real de stări de insucces este :

$$M[\nu(t)]_{S\to R} = P_2 \lambda T + P_1 \lambda T = \frac{1 + (\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu}}{1+(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{1}{2}(\alpha+1)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2}} \lambda T \quad (5)$$

$$> \frac{(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu}}{1+(\alpha+1)\dfrac{\lambda}{\mu} + \dfrac{1}{2}(\alpha+1)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2}} > M[\nu(t)]^{RA}_{S\to R}$$

Rezultă că rezerva activă are cel mai mic număr de refuzuri dintre rezerve. Dacă însă perioada de comutare a rezervei este mică, sau nu afectează procesul tehnologic (nu îl întrerupe), avantajul rezervei active dispare.

— Timpul mediu de funcţionare neîntreruptă, $M[T_f]$:

El diferă dependent de tipul rezervei. La rezerva activă este :

$$M[T_f]^{RA} = \frac{M[\alpha(t)]}{P_2 \lambda T} = \frac{2\lambda + \mu}{2\lambda^2} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\mu}{2\lambda^2} \quad (6)$$

La rezervele pasivă şi semiactivă, perioadele de comutare ale rezervei de durată, t_{CRZ}, fracţionează timpul de funcţionare, conducînd la durate neîntrerupte mai mici :

$$M[T_f]^{RP,RSA} = \frac{M[\alpha(t)]}{P_1 \lambda T + P_2 \lambda T} = \frac{1}{\lambda} \quad (7)$$

Se observă că la aceste rezerve, $M[T_f]$ este același ca la un element simplu, prezența rezervei neinfluențînd durata neîntreruptă de funcționare datorită pauzei de comutare.

Dacă durata de comutare este mică și nu întrerupe procesul tehnologic, rezultă :

$$M[T_f] = \frac{M[\alpha(t)]}{P_2 \lambda T} = \frac{1}{\lambda} + \frac{\mu}{(\alpha+1)\lambda^2} \quad (8)$$

Comparînd cu rezerva activă, se constată că în acest caz $M[T_f]$ este mai mare la rezervele semiactivă și pasivă, ele defectîndu-se mai puțin în perioadele de așteptare.

— Timpul mediu de refuz neîntrerupt, $M[T_d]$:

Conform [1] este :

$$M[T_d] = \frac{M[\beta(t)]}{M[\nu(t)]_{S \to R}} = \frac{P_3 T}{P_2 \lambda T} \approx \frac{1}{2\mu} \quad (9)$$

Se remarcă faptul că nu depinde de tipul rezervei și că timpul total de insucces nu include perioadele de anclanșare a rezervei și nici $M[\nu(t)]$, numărul mediu de comutări ale rezervei. La rezervele semiactivă și pasivă, în afară de $M[T_d]$, care are caracter aleatoriu, mai există un timp de refuz neîntrerupt în perioada comutării rezervei. În acest caz, la aceste rezerve timpul de refuz neîntrerupt este :

$$M[T_d]' = max\ [M[T_d],\ t_{CRZ}] \quad (10)$$

Pentru echivalarea acestui sistem, se calculează indicatorii echivalenți λ_e, μ_e :

$$\lambda_e = \frac{1}{M[T_f]} = \begin{cases} \dfrac{2\lambda^2}{2\lambda+\mu} & \text{pentru } RA \\ & \text{pentru } RP, RSA \text{ cu } t_{CRZ} \text{ ce nu se poate neglija} \\ \dfrac{(\alpha+1)\lambda^2}{(\alpha+1)\lambda+\mu} & \text{pentru } RP,\ RSA \text{ cînd } t_{CRZ} \text{ se poate neglija} \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_e = \frac{1}{M[T_d]} = 2\mu$$

Concluzia finală pentru acest tip de rezervă este că în general rezerva activă are indicatorii de fiabilitate cei mai buni, însă dacă comutarea rezervei are durată neglijabilă sau inferioară unei valori determinate, se pot realiza performanțe comparabile sau superioare la celelalte tipuri.

Sistemul 3 × 50%

Sistemul este caracterizat de :

— existența unei rezerve parțiale de 50% ;

— nivelul funcțional de 100% necesită două elemente simultan în funcțiune ;

— nivelurile funcționale posibile sînt mai multe : 100%, 50%, 0%.

În perioada de revizii și reparații planificate a unui element, celelalte două au o siguranță superioară cazului cu un singur element 100%, dacă alegerea echipamentelor a fost corect făcută. În tabelul 3 se prezintă indicatorii de fiabilitate pentru acest sistem pentru toate tipurile de rezerve, unde indicii reflectă stările posibile : 1—0 elemente defecte ; 2 — un element defect ; 3 — două elemente defecte ; 4 — trei elemente defecte.

Din analiza indicatorilor rezultă :

— Probabilitățile de succes pentru 100%, 50% și ⩾50% arată că la creșterea lui α, P_{100} și $P_{\geqslant 50}$ scad și crește P_{50}.

Deci rezerva pasivă are probabilitățile de succes cele mai mari și, deci, și timpul mediu total de succes, însă datorită timpului de comutare a rezervei, ca și la sistemul 2 × 100%, situația se modifică.

Rezerva pasivă și semiactivă pot avea P_S și $M[\alpha(t)]$ mai mari decît la rezerva activă numai dacă este îndeplinită condiția :

$$t_{CRZ} < \frac{1-\alpha}{2} \cdot \frac{\lambda}{\mu^2} \cdot \frac{1+\dfrac{\lambda}{3\mu}}{\left(1+\dfrac{\lambda}{\mu}\right)^3} \quad (12)$$

— Numărul mediu de nerealizări a nivelului funcțional de 100% este mai mare la *RSA* și *RP*, deoarece se adaugă și întreruperile cauzate de comutarea rezervei :

$$M[\nu(t)]^{RSA\ RP}_{100 \to \neq 100} = (P_1 + P_2)\, 2\lambda T > M[\nu(t)]^{RA}_{100 \to \neq 100} = P_2\, 2\lambda T \quad (13)$$

Numărul mediu de treceri în starea de refuz total este :

$$M[\nu(t)]_{\to 0} = \begin{cases} P_3 \lambda T \text{ la } RA \\ (P_3 + P_1\, 2\lambda\, t_{CRZ})\lambda\, T \text{ la } RSA \text{ și } RP \end{cases} \quad (14)$$

La *RSA* și *RP* s-a ținut seama de comutarea rezervei care conduce la mărirea perioadei de staționare în starea 3 și deci a posibilității de tranziție din 3 în 4, conducînd la refuz total. Dacă :

$$t_{CRZ} < \frac{1-\alpha}{2} \frac{\lambda}{\mu^2} \frac{1}{\left(1+\dfrac{\lambda}{\mu}\right)^3}, \quad (15)$$

atunci numărul de refuzuri totale este mai mic la rezerva semiactivă și pasivă decît la cea activă.

Tabelul 3

Calculul indicatorilor de fiabilitate pentru sistemul 3 × 50%

Indicatorul	$\frac{RA}{(\alpha=1)}$	$\frac{RSR}{(\alpha)}$	$\frac{RP}{(\alpha=0)}$
P_1	$\frac{1}{1+3\frac{\lambda}{\mu}+3\frac{\lambda^2}{\mu^2}+\frac{\lambda_3}{\mu_3}}$	$\frac{1}{1+(2+\alpha)\frac{\lambda}{\mu}+(2+\alpha)\frac{\lambda^2}{\mu^2}+\frac{2+\alpha}{3}\frac{\lambda^3}{\mu^3}}$	$\frac{1}{1+2\frac{\lambda}{\mu}+2\frac{\lambda^2}{\mu^2}+\frac{2}{3}\frac{\lambda^3}{\mu^3}}$
P_2	$3\frac{\lambda}{\mu}P_1$	$(2+\alpha)\frac{\lambda}{\mu}P_1$	$2\frac{\lambda}{\mu}P_1$
P_3	$3\frac{\lambda^2}{\mu^2}P_1$	$(2+\alpha)\frac{\lambda^2}{\mu^2}P_1$	$2\frac{\lambda^2}{\mu^2}P_1$
P_4	$\frac{\lambda^3}{\mu^3}P_1$	$\frac{2+\alpha}{3}\frac{\lambda^3}{\mu^3}P_1$	$\frac{2}{3}\frac{\lambda^3}{\mu^3}P_1$
P_{100}	P_1+P_2	P_1+P_2	P_1+P_2
P_{50}	P_3	P_3	P_3
$P_{\geqslant 50}$	$P_1+P_2+P_3$	$P_1+P_2+P_3$	$P_1+P_2+P_3$
$M[\alpha(t)]_{100}$	$P_{100}T$	$P_{100}T$	$P_{100}T$
$M[\alpha(t)]_{50}$	$P_{50}T$	$P_{50}T$	$P_{50}T$
$M[\alpha(t)]_{\geqslant 50}$	$P_{\geqslant 50}T$	$P_{\geqslant 50}T$	$P_{\geqslant 50}T$
T_M	0	$2\lambda P_1 t_{RSA}\ T$	$2\lambda P_1 t_{RP}\ T$
$M[\alpha(t)]'$	$M[\alpha(t)]_{100}$	$M[\alpha(t)]_{100}-2\lambda P_1 t_{RSA}T$	$M[\alpha(t)]_{100}-2\lambda P_1 t_{RP}\ T$
$M[\alpha(t)]'_{50}$	$M[\alpha(t)]_{50}$	$M[\alpha(t)]_{50}+2\lambda P_1 t_{RSA}T$	$M[\alpha(t)]_{50}+2\lambda P_1 t_{RP}\ T$
$M[\alpha(t)]_{\geqslant 50}$	$M[\alpha(t)]_{\geqslant 50}$	$M[\alpha(t)]_{\geqslant 50}$	$M[\alpha(t)]_{\geqslant 50}$
$M[\nu(t)]_{100\to\neq 100}$	$2\lambda P_2\ T$	$2\lambda P_1 T+2\lambda P_2 T$	$2\lambda P_1 T+2\lambda P_2 T$
$M[\nu(t)]_{\to 0}$	$\lambda P_3\ T$	$(P_3+2\lambda P_1 t_{RSA})\lambda T$	$(P_3+2\lambda P_1 t_{RP})\ \lambda T$
$M[T_f]_{100}$	$\frac{1}{2\lambda}+\frac{\mu}{6\lambda^2}$	$\frac{1}{2\lambda}$ (pentru $t_{RSA}\neq 0$); $\frac{1}{2\lambda}+\frac{\mu}{2(2+\alpha)\lambda^2}$ (pentru $t_{RSA}\approx 0$)	$\frac{1}{2\lambda}$ (pentru $t_{RP}\neq 0$); $\frac{1}{2\lambda}+\frac{\mu}{4\lambda^2}$ (pentru $t_{RP}\approx 0$)
$M[T_f]_{\geqslant 50}$	$\frac{1+3\frac{\lambda}{\mu}+3\frac{\lambda^2}{\mu^2}}{3\frac{\lambda^3}{\mu^3}}$	$\frac{1+(2+\alpha)\frac{\lambda}{\mu}+(2+\alpha)\frac{\lambda^2}{\mu^2}}{\left[(2+\alpha)\frac{\lambda^2}{\mu^2}+2\lambda t_{RSA}\right]\lambda}$	$\frac{1+2\frac{\lambda}{\mu}+2\frac{\lambda^2}{\mu^2}}{\left(2\frac{\lambda^2}{\mu^2}+2\lambda t_{RP}\right)\lambda}$
$M[T_d]_{100}$	$\frac{1}{2\mu}+\frac{\lambda}{6\mu^2}$	$max\left[\frac{1}{2\mu}+\frac{\lambda}{6\mu^2}, t_{RSA}\right]$	$max\left[\frac{1}{2\mu}+\frac{\lambda}{6\mu^2}, t_{RP}\right]$
$M[T]_0$	$\frac{1}{3\mu}$	$\frac{1}{3\mu}$	$\frac{1}{3\mu}$

Timpul mediu de funcţionare neîntreruptă la nivel de 100% este :

$$M[T_f]_{100} = \begin{cases} \dfrac{1}{2\lambda} + \dfrac{\mu}{6\lambda^2} \text{ pentru } RA \\ \dfrac{1}{2\lambda} \text{ cînd timpul de comutare al rezervei nu se poate neglija} \\ \dfrac{1}{2\lambda} + \dfrac{\mu}{(2+\alpha)2\lambda^2} \text{ cînd timpul de comutare se poate neglija} \end{cases} \quad (16)$$

Din punct de vedere al continuităţii, pentru nivelul de 100% rezultă că la *RA* se produce o mare mărire, spre deosebire de celelalte, la care timpul mediu este identic cu cel pentru 2 × 50%, deci fără rezervă. Este foarte important de cunoscut dacă perioada de comutare a rezervei întrerupe sau nu procesul tehnologic şi deci dacă se poate neglija sau nu acest lucru.

Timpul mediu de funcţionare neîntreruptă pentru nivelul funcţional ⩾ 50% este :

$$M[T_f]_{\geqslant 50} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3)\,T}{P_3'\,\lambda\,T} = \frac{1 + (2+\alpha)\dfrac{\lambda}{\mu} + (2+\alpha)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2}}{\left[(2+\alpha)\dfrac{\lambda^2}{\mu^2} + 2\lambda\, t_{CRZ}\right]\lambda} \quad (17)$$

Dacă $t_{CRZ} \to 0$ cel mai mare timp este la *RP*, *RSA* şi apoi la *RA*. Această ordine se poate menţine numai dacă se respectă condiţia :

$$t_{CRZ} < \frac{1-\alpha}{2}\,\frac{\lambda}{\mu^2}\,\frac{1}{1+3\dfrac{\lambda}{\mu}+3\dfrac{\lambda^2}{\mu^2}} \quad (18)$$

— Timpul mediu de refuz neîntrerupt pentru nivelul de 100% este acelaşi pentru toate rezervele, în ipoteza considerării numai a refuzurilor aleatorii :

$$M[T_a]_{100} = \frac{1}{2\mu} + \frac{\lambda}{6\mu^2} \quad (19)$$

La *RSA* şi *RP* mai există şi timpi neîntrerupţi datorită perioadei de comutare a rezervei. Rezultă :

$$M[T_a]^{RSA,RP} = max\ [M[T_a]\ 100,\ t_{CRZ}] \quad (20)$$

Timpul mediu de refuz neîntrerupt pentru ⩾ 50% este :

$$M[T_a]_0 = \frac{1}{3\mu} \quad (21)$$

Se poate echivala sistemul cu indicatorii echivalenţi :

$$\lambda_{e\,100} = \begin{cases} \dfrac{6\lambda^2}{3\lambda+\mu} \text{ pentru } RA \\ \dfrac{2(2+\alpha)\lambda^2}{\mu+2(2+\alpha)\lambda} \text{ pentru } RSA \text{ şi } RP; \\ \mu_{e\,100} = \dfrac{6\mu^2}{3\mu+\lambda} \end{cases} \quad (22)$$

Sistemul 3 × 50% este des întîlnit în instalaţiile energetice şi tehnologice, în special la dimensionarea pompelor de alimentare, pompelor de condensat, cazanelor, liniilor de tratare a apei etc.

Sistemul n + k

Acest tip de sistem se caracterizează prin :

— pentru nivel de succes 100% sînt necesare *n* elemente în funcţiune ;

— rezerva este constituită din *k* elemente de acelaşi tip ca cele în funcţiune, numărul lor alegîndu-se dependent de nivelul de siguranţă impus.

Sistemul este mai elastic, însă necesită o corelare corectă între numărul *n* şi indicatorii de fiabilitate ai elementelor, deoarece un număr *n* mare reduce probabilitatea de succes pentru nivelul de 100% dacă indicatorii nu sînt corespunzători. Sistemele 3 × 50%, 2 × 100% sînt cazuri particulare ale acestui sistem.

Se va prezenta modul de calcul pentru cazul cel mai general, $n + k$ cu rezerve semiactive. Stările posibile ale sistemului sînt :

Starea	Funcţionare	Rezervă	Avarie
0	n	k	0
1	n	$k-1$	1
⋮			
k	n	0	k
$k+1$	$n-1$	0	$k+1$
⋮			
$n+k$	0	0	$n+k$

Folosindu-se, ca şi în cazurile anterioare, un model de proces stocastic de tip Markov cu timp continuu, rezultă :

$$P_0 = \frac{1}{1+\sum\limits_{i=1}^{n+k} A_i}\ ;\quad P_k = A_k\,P_0 \text{ pentru } k[1,n+k],$$

unde :

$$\sum_{i=1}^{n+k} A_i = \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{i!}\left(n\frac{\lambda}{\mu}\right)^i \prod_{j=0}^{i-1}\left[1+(k-j)\frac{\alpha\lambda}{\lambda n}\right] + \left(n\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \prod_{j=0}^{k-1}\left[1+(k-j)\frac{\alpha\lambda}{n\lambda}\right]\left[\frac{1}{\prod\limits_{i=1}^{k}(n+i)}\sum_{i=1}^{n} C_{n+k}^{k+i}\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i\right]$$

Indicatorii de fiabilitate sînt :

— Probabilitatea de succes pentru nivelul de 100% :

$$P_S = \sum_{i=0}^{k} P_i = \frac{1 + \sum_{i=1}^{k} A_i}{1 + \sum_{i=1}^{n+k} A_i} =$$

$$= \frac{1 + \sum_{i=1}^{k} \frac{1}{i!} \left(n \frac{\lambda}{\mu} \right)^i \prod_{j=0}^{i-1} \left[1 + (k-j) \frac{\alpha}{n} \right]}{1 + \sum_{i=1}^{n+k} A_i}$$

— Timpul mediu total de succes pentru nivelul de 100% :

$$M[\alpha(t)]' = P_S \, T - T_M, \text{ unde}$$

$$T_M = \sum_{i=0}^{k-1} P_i \, q_{i\,i+1} \, T t_{CRZ} = n\lambda \, T t_{CRZ} \sum_{i=0}^{k-1} P_i$$

$$M[\alpha(t)]' = P_S \, T \, [1 - n\lambda t_{CRZ}] + n\lambda \, t_{CRZ} \, T P_k$$

— Timpul mediu de funcţionare neîntreruptă :

$$M[T_f]_{100}^{RA} = \frac{P_S \, T}{P_k \, n\lambda T} =$$

$$= \frac{1 + C_{n+k}^{1} \frac{\lambda}{\mu} + C_{n+k}^{2} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 + \ldots + C_{n+k}^{k} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k}{C_{n+k}^{k} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k n\lambda} =$$

$$= \frac{1}{n\lambda} + \frac{n!\,k!}{(k-1)!\,(n+1)!} \cdot \frac{\mu}{\lambda n} + \frac{n!\,k!}{(k-2)!\,(n+2)!} \cdot$$

$$\cdot \frac{\mu^2}{n\lambda^3} + \frac{n!\,k!}{(k-3)!\,(n+3)!} \cdot \frac{\mu^3}{n\lambda^4} + \ldots + \frac{n!\,k!}{(n+k)!} \cdot$$

$$\cdot \frac{\mu^k}{n\lambda^{k+1}} = \frac{1}{n\lambda} \left\{ 1 + \sum_{i=1}^{k} \frac{n!\,k!}{(k-i)!\,(n+i)!} \left(\frac{\mu}{\lambda} \right)^i \right\}$$

$$M[T_f]_{100}^{RSA\ RP} = \frac{1}{n\lambda} \text{ pentru } t_{CRZ} \neq 0$$

$$M[T_f]_{100}^{RSA\ RP} = \frac{1}{n\lambda} \left\{ 1 + \frac{k!}{(k-1)!} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{n}} \cdot \frac{\mu}{n\lambda} + \right.$$

$$+ \frac{k!}{(k-2)!} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\alpha}{n}\right)\left(1 + 2\frac{\alpha}{n}\right)} \cdot \left(\frac{\mu}{n\lambda} \right)^2 +$$

$$+ \frac{k!}{(k-3)!} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\alpha}{n}\right)\left(1 + 2\frac{\alpha}{n}\right)\left(1 + 3\frac{\alpha}{n}\right)} \left(\frac{\mu}{n\lambda} \right)^3 +$$

$$\left. + \ldots + \frac{k!}{(k-k)!} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{\alpha}{n}\right)\left(1 + 2\frac{\alpha}{n}\right) \ldots \left(1 + k\frac{\alpha}{n}\right)} \left(\frac{\mu}{n\lambda} \right)^k \right\} =$$

$$= \frac{1}{n\lambda} \left\{ 1 + \sum_{i=1}^{k} \frac{i!}{(k-i)!} \cdot \frac{1}{\prod_{j=1}^{i} \left[1 + j \frac{\alpha}{n} \right]} \cdot \left(\frac{\mu}{n\lambda} \right)^i \right\}$$

pentru t_{CRZ} neglijabil.

— Timpul mediu de defect neîntrerupt pentru nivelul de 100% :

$$M[T_d]_{100} = \frac{\sum_{i=k+1}^{n+k} P_i \, T}{M[\nu(t)]_{k \to k+1}}$$

— Timpul mediu de defect neîntrerupt pentru nivelul de 0% :

$$M[T_d]_0 = \frac{1}{(n+k)\,\mu}$$

Se poate remarca identitatea cu cazul $3 \times 50\%$ pentru $n = 2$ şi $k = 1$.

Acest tip de sistem este frecvent întîlnit în cazul surselor de abur din CET ($n + 1$, n în funcţiune şi unul în rezervă), la pompele de alimentare din CET, pompele de la gospodăriile de combustibil lichid, pompele de condensat, pompele de reţea etc.

Concluzii

Modelele de calcul prezentate permit compararea performanţelor sistemelor prevăzute cu rezerve de diferite tipuri în vederea alegerii judicioase a tipului de rezervă necesar, în concordanţă cu exigenţele impuse. Prezentarea generalizată permite particularizarea pentru principalele structuri întîlnite în practică în domeniul energetic sau în industrie.

Se remarcă importanţa alegerii corecte atît a numărului de rezerve, cît şi a tipului de rezervă şi a caracteristicilor lor pentru asigurarea nivelului de siguranţă impus.

Bibliografie

[1] Nitu, V. I. ş.a. *Metode statistico-probabilistice utilizate în energetică.* Editura tehnică, Bucureşti, 1966.

[2] Ionescu, C. *Analiza fiabilităţii circulaţiei agentului termic al circuitului regenerativ al unei CTE cu ajutorul proceselor stocastice Markov.* În : Energetica nr. 1, 1974.

Siguranța în funcționare a unor zone de sistem sub aspectul corelațiilor între condițiile de dimensionare a rețelelor și automatizările de sistem

Ing. M. Stein
Ing. P. Iancovici
Dr. ing. G. Moraite
– ISPE –

Siguranța în funcționare a unui sistem energetic în ansamblu sau a unor zone ale acestuia este rezultatul mai multor acțiuni ierarhizate, începînd cu activitatea de planificare a structurilor de bază ale sistemului. Aceste acțiuni sînt următoarele:

a) *Dimensionarea puterii instalate în sistem*, astfel încît structura grupurilor generatoare să realizeze un anumit grad de asigurare economic justificat în alimentarea consumatorilor.

$$\text{Gradul de asigurare, } G = \frac{E_{cerută} - E_{nelivrabilă}}{E_{cerută}}$$

b) *Dimensionarea rețelei de transport* de la sursele (centralele) din sistem și de la acestea la centrele de consum (a structurii rețelei electrice de transport). Criteriul de dimensionare a acestor rețele este stabilit în multe țări, ca și în țara noastră, în mod intuitiv, pe baza experienței, și este denumit pe scurt criteriul „$n-1$". Acest criteriu presupune că rețeaua trebuie să asigure vehicularea puterilor în condițiile ieșirii din funcțiune a celui mai important element al rețelei. Se face distincție între zona excedentară și cea deficitară, prin faptul că în cazul zonei deficitare, spre deosebire de cazul zonei excedentare, se consideră deficitul de putere, de regulă, în situația indisponibilității celor mai mari două grupuri [1].

c) *Programarea și reglarea regimurilor de funcționare* la diferite trepte de dispecer, în cazul în care se întrevede un anumit risc de depășire a parametrilor admiși de funcționare pentru diferite elemente ale rețelei la anumite evenimente stabilite în mod convențional pentru verificare și denumite „avarii credibile" [2].

d) *Stabilirea diferitelor tipuri de protecție și de automatică* pentru cazurile în care se produc depășiri ale parametrilor admiși și care nu au putut fi corectate prin măsurile de prevenire. Teoretic, aceste automatici vor trebui să acționeze în cazuri de avarii „credibile", sau pentru care măsurile de prevenire, conform [2], au fost neacoperitoare.

Este evident că cu cît sistemul (rețelele acestuia) vor fi dimensionate la avarii mai grele, cu atît vor exista mai puține cazuri în care vor trebui luate măsuri preventive operative sau va acționa automatica antiavarie.

În ceea ce privește gravitatea avariilor luate în considerare la dimensionare, cunoscutul criteriu de dimensionare $n-1$ se bazează atît pe faptul constatat că indisponibilitățile simultane *accidentale* ale mai multor elemente de transport sau de transformare sînt puțin probabile, cît și pe faptul că înăsprirea condițiilor de dimensionare conduce la creșteri însemnate ale unor cheltuieli de investiții „sigure", în raport cu obținerea unor avantaje „probabile" (prin întreruperi mai rare ale alimentării cu energie a consumatorilor).

De altfel, într-un mod similar se poate pune problema și în privința cheltuielilor și efectelor obținute prin implementarea unor sisteme mai mult sau mai puțin sofisticate de automatizare.

În cele ce urmează se va căuta să se scoată în evidență anumite influențe reciproce între structura rețelelor, stabilită în baza unor aceleași criterii de dimensionare, și nivelul oportun de acțiuni preventive ale personalului sau automate.

1. Influența structurii rețelei de alimentare a unei zone deficitare asupra condițiilor de siguranță în funcționare

Fie o zonă deficitară ca aceea reprezentată schematic în figura 1, în care

n_{cM} este puterea maximă cerută de consumatorii din zonă;

$\sum n_g$ — puterea furnizată de grupurile centralelor electrice din zonă, fără grupuri în avarie;

$n_g^{(max)}$ — puterea furnizată de două dintre cele mai mari grupuri din zonă.

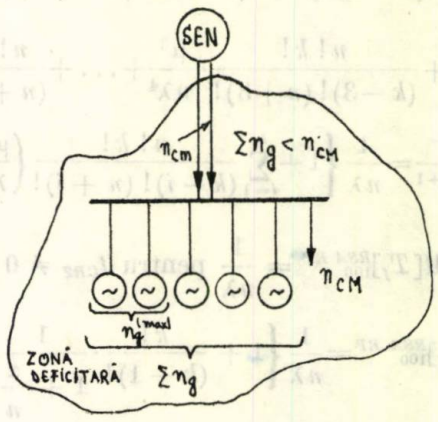


Fig. 1.
n_{cm} — puterea transportată spre zonă, fără grupuri în avarie, $n_{cm} = n_{cM} - \sum \overline{n_g}$

În figura 2 se prezintă curba probabilităților ca puterea cerută, n_c, pe liniile de alimentare ale zonei deficitare din zone excedentare să fie mai mare sau egală cu o anumită valoare n (ținîn-

du-se seama și de faptul că se asigură o parte a consumului din centralele locale din zonă), $P(n_c \geqslant n)$.

În conformitate cu criteriul $n-1$, la căderea celui mai important circuit de transport,

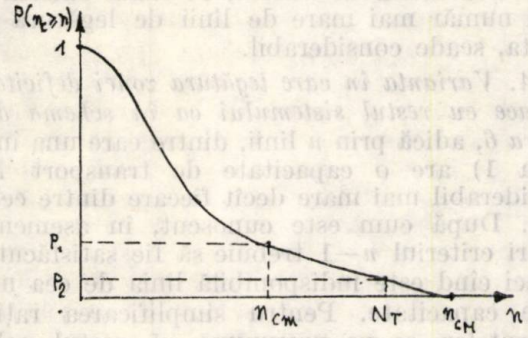


Fig. 2.

$$N_T = n_{cm} + n_g^{(max)} = n_{cM} - \sum n_g + n_g^{(max)}$$

în condițiile în care cele mai mari două grupuri din zonă sînt indisponibile*), deficitul de putere al zonei va fi:

$$N_T = n_{cm} + n_g^{(max)} = n_{cM} - \sum n_g + n_g^{(max)} \quad (1)$$

unde n_{cm} este deficitul zonei cu toate grupurile locale în funcțiune.

1.1. *Varianta în care rețeaua de transport care leagă zona deficitară considerată de zonele excedentare prin două LEA* (fig. 3), *fiecare dintre acestea putînd transporta puterea maximă*, n_{cM}, *cerută în zonă*. Este evident că o astfel de rețea satisface în mod foarte acoperitor criteriul $n-1$, indiferent de situația grupurilor din zonă.

Capacitatea totală de transport a secțiunii este:

$$N_{tot} = 2\, n_{cM} \quad (2)$$

În acest caz nu apar probleme deosebite de reglare a regimurilor sau pentru alegerea automaticii de sistem, cu observația că descărcarea automată de sarcină descentralizată, DASf, care acționează la frecvență, va acționa numai la întreruperea ambelor LEA și va urmări restabilirea echilibrului între puterea momentană produsă de sursele din zonă și puterea cerută prin deconectarea de sarcini.

(În funcție de modul de variație a frecvenței în zona care ar rămîne izolată prin defectarea și a celei de-a doua linii, vor putea acționa și automatizările de insularizare ale unor centrale care alimentează mari platforme de consum industrial sau urban).

*) Pentru simplificare, nu s-au luat în considerare și alte cazuri de putere indisponibilă în centralele din zonă, care sînt prevăzute ca alternativă în [1].

1.2. *Varianta în care puterea deficitară în zonă este transportată tot prin două LEA, însă de această dată liniile sînt dimensionate strict în conformitate cu criteriul* n−1, adică pentru o capacitate de transport pe fiecare linie egală cu N_T (vezi rel. 1 și fig. 1).

Capacitatea totală de transport a secțiunii va fi:

$$N_{tot} = 2\, N_T \quad (3)$$

Acțiuni de programare și reglare a regimurilor

De această dată acțiunile personalului de conducere operativ devin mai largi. Măsurile întreprinse de către acest personal vor fi orientate spre controlul fluxurilor de putere, astfel încît acestea să nu depășească valoarea de maximum $1 \times N_T$, chiar în perioadele în care funcționează ambele linii, deoarece la deconectarea intempestivă a uneia dintre ele s-ar putea produce supraîncărcarea liniei rămase în funcțiune, în acest caz defectul „credibil" fiind deconectarea uneia dintre linii [2].

În cazul în care se funcționează cu una dintre linii indisponibilă, trebuie luate măsuri ca, în urma unui alt defect „credibil", de exemplu pierderea celui mai mare bloc în funcționare, să nu se supraîncarce linia rămasă în funcțiune (măsurile care trebuie luate în asemenea cazuri sînt arătate în [2] și sînt eșalonate în sensul creșterii implicațiilor economice de care sînt legate*).

Și în acest sens rămîn valabile și acțiunile menționate la punctul precedent pentru cazul unor deficite foarte mari în zonă. (De altfel, aceste acțiuni sînt valabile în toate cazurile și de aceea nu se vor mai repeta).

Acțiuni ale automaticii

Descărcarea automată de sarcină centralizată (DASpc) va acționa în cazurile în care, prin evenimente care depășesc avariile „credibile", s-ar putea produce o încărcare a liniilor peste puterea de $2\, N_T$, precum și în cazurile în care, din aceleași motive ca mai sus, s-ar produce o încărcare mai mare decît $1 \times N_T$ în situația cu una din linii indisponibilă.

La întreruperea legăturilor cu zonele excedentare prin defectarea ambelor linii, va lucra DASf, în același mod ca și în cazul precedent. Tot la fel vor acționa și automaticile de insularizare.

Din cele de mai sus rezultă evident că, în condițiile de la acest punct, atît acțiunile de programare, cît și cele de funcționare a automaticii vor fi mai frecvente și mai complexe

*) Dacă consecințele supraîncărcării liniei nu sînt fenomene de instabilitate ce se pot extinde la nivel de sistem, ci există numai pericolul deconectării la suprasarcină a acestei linii, se poate aprecia în anumite situații, în care măsurile preventive sînt legate de funcționarea neeconomică, dacă nu este oportun ca, în cazul deconectării eventuale a liniei, deficitul să nu fie rezolvat prin acțiunea DAS.

decît în cazul precedent, cu toate că schema rețelei este aceeași și, în ambele cazuri, condiția $n-1$ este satisfăcută.

Cazurile menționate la pct. 1.1 și 1.2 schematizează structuri de rețele care se întîlnesc mai des în sisteme energetice cu extindere teritorială mare și cu un nivel scăzut de densitate de rețele de buclare.

În rețelele sistemelor energetice cu extindere teritorială mai redusă și cu o densitate relativ mare și uniform distribuită a sarcinii, cazurile mai frecvente vor fi prezentate schematizat în cele ce urmează:

1.3. *Varianta în care zonele excedentare sînt legate de zona deficitară prin* n *linii, fiecare avînd o capacitate practic egală de transport* (fig. 5). În conformitate cu criteriul $n-1$, la defectarea oricăreia dintre linii, cele rămase în funcțiune (adică tocmai $n-1$) trebuie să asigure transportul cel puțin al unei puteri egale cu N_T (vezi rel. 1).

În aceste condiții, fiecare linie va trebui să poată transporta o putere:

$$N_{LEA} = \frac{N_T}{n-1}, \qquad (4)$$

iar capacitatea de transport a întregii secțiuni va fi:

$$N_{tot} = N_T \frac{n}{n-1} = N_T \frac{1}{1-\frac{1}{n}} \qquad (5)$$

Se observă ușor că cu cît crește n cu atît $N_{tot} \to N_T$; deci raportul între N_{tot} și N_T scade.

Acțiuni de programare și de reglare a regimurilor

Acțiunile întreprinse de personalul operativ vor fi îndreptate înspre controlul fluxurilor de putere pe toată secțiunea, urmărindu-se nedepășirea, ca și în cazul precedent, a puterii maxime vehiculate egale cu N_T, în situația cu toate liniile în funcțiune. Motivul acestor acțiuni este același ca și la punctul precedent.

În cazul în care se funcționează cu una din linii indisponibile, trebuie luate măsuri ca la un alt defect „credibil", care de această dată poate fi atît o scădere bruscă a puterii produse în zona deficitară, cît și defectarea unei alte linii din secțiune, să nu se supraîncarce liniile rămase în funcțiune.

Acțiuni ale automaticii

Din punct de vedere principial, acțiunile automaticii vor fi asemănătoare cu cele de la cazul precedent. Deoarece însă în acest caz se presupune că numărul de linii n este mai mare ca 2, deci și numărul probabil de indisponibilități de linii va fi mai mare, atît automatica antiavarie, cît și personalul de conducere operativ va fi mai des solicitat pentru analizarea, corectarea sau limitarea unor regimuri periculoase. În orice caz se poate aprecia că DASf va avea condiții mult mai rare de acționare pentru a echilibra zona separată de restul sistemului, deoarece probabilitatea separării complete a acesteia de sistem, în cazul existenței unui număr mai mare de linii de legătură cu acesta, scade considerabil.

1.4. *Varianta în care legătura zonei deficitare se face cu restul sistemului ca în schema din figura 6*, adică prin n linii, dintre care una însă (linia 1) are o capacitate de transport N_T considerabil mai mare decît fiecare dintre celelalte. După cum este cunoscut, în asemenea cazuri criteriul $n-1$ trebuie să fie satisfăcut și atunci cînd este indisponibilă linia de cea mai mare capacitate. Pentru simplificarea raționamentelor, se va presupune că restul celor $n-1$ linii sînt toate practic de aceeași capacitate de transport.

În condițiile respectării criteriului $n-1$, capacitatea de transport a fiecăreia dintre cele $n-1$ linii va fi:

$$N_{LEA\,(max)} = \frac{N_T}{n-1}, \qquad (6)$$

iar capacitatea de transport pe secțiune:

$$N_{tot} = \frac{n-1}{n-1} N_T + N_T = 2N_T \qquad (7)$$

Se vede că în această schemă și în aceste condiții, capacitatea de transport a secțiunii este mai mare decît în cazul precedent, cu toate că în ambele cazuri transportul a fost dimensionat și verificat numai pe baza criteriului $n-1$.

Acțiuni de programare și de reglare a regimurilor: în cazul funcționării în aceste condiții, acțiunile de programare și de reglare a regimurilor vor avea practic același caracter ca în cazul precedent.

Acțiuni ale automaticii: aceleași ca și în cazul precedent.

1.5. *Varianta în care transportul energiei electrice spre zona deficitară este realizat numai printro- singură linie* (în trei variante de dimensionare) (fig. 7).

Capacitatea maximă de transport s-a considerat în trei variante, și anume:

$$N_{tot} = n_{cM}; \quad 2N_T \text{ și } N_T = N_{LEA} \qquad (8)$$

Acțiuni de programare și de reglare a regimurilor

Aceste acțiuni vor urmări nedepășirea fluxurilor de putere admisibile pe linie atît în regim de funcționare normal, cît și în cazul defectului „credibil" reprezentat prin deconectarea celui mai mare generator din zonă. Într-o asemenea schemă devine de mare importanță evitarea regimului în care, la pierderea acestei

singure linii, să se producă în zonă un deficit așa de mare încît să facă ineficientă acțiunea DASf.

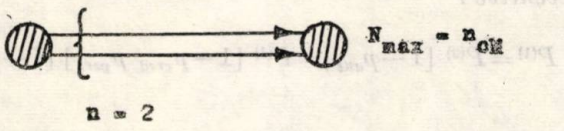


Fig. 3

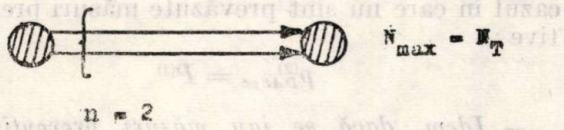


Fig. 4

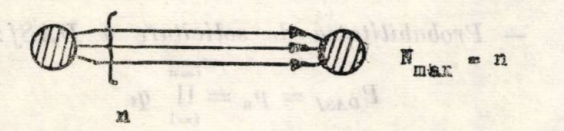


Fig. 5

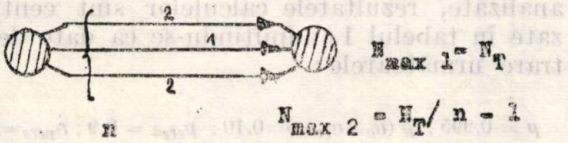


Fig. 6

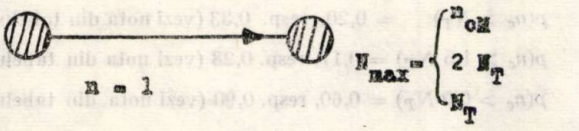


Fig. 7.

N_{max} — capacitatea de transport maximă a unei linii.

Acțiuni de automatică

Automatica DASc va acționa la descărcarea liniei în cazul în care aceasta s-ar încărca peste limita admisă în condițiile în care se produc avarii (indisponibilități) în zonă mai mari decît cele „credibile". Automatica aceasta va fi deci cu atît mai des solicitată cu cît capacitatea liniei va fi mai mică.

În această variantă, o importanță mare revine DASf, care va trebui să restabilească echilibrul producție-consum în zonă, chiar la defecte simple pe LEA

2. Posibilități de cuantificare a modului de intercondiționare între schema rețelei de transport, structura consumului și producției în zonă, măsuri preventive și funcționarea automaticii de sistem

După cum a rezultat din cele arătate la cap. 1, amploarea și sarcinile de prevenire a unor avarii de sistem, care revin personalului operativ sau automaticii de sistem, sînt destul de mult influențate de structura sistemului (atît de structura rețelei de transport, cît și de structura grupurilor generatoare și a consumului în zonă).

Deoarece înzestrarea cu automatizări antiavarie de sistem, și în special cu anumite tipuri de asemenea automatizări (automatică de descărcare centralizată, de separare a sistemului în zone etc.), trebuie realizată în mod cît se poate de echilibrat, fără a se depăși anumite necesități stricte*), se consideră deosebit de util ca, pe lîngă intuiție și experiență, să existe și un instrument de calcul obiectiv, care să ofere multe informații suplimentare înainte de a se lua deciziile respective.

În cele ce urmează se va prezenta mai întîi o posibilitate de cuantificare a aspectelor calitative enumerate la cap. 1, pentru diferite variante de rețea, pentru ca, după aceasta, să se trateze și variante de structuri producție-consum din zonă.

Fie deci :

P — probabilitatea realizării unui anumit nivel de deficit în zonă ;

p,q — probabilitatea de funcționare și de defect a unei LEA ($q = 1 - p$) ;

N_T — puterea de transport pe linii, rezultată din condiția $n-1$ (vezi rel.1) ;

N_{max} — puterea maximă de transport pe LEA ;

$P_0, P_1, \ldots, P_n$ — probabilitățile de stare cu : toate, toate minus una, etc. etc...., cu nici una din linii în funcțiune ;

n_c — variabilă aleatorie, reprezentînd puterea transportată spre zona deficitară ;

p_{cred} — probabilitatea ca un anumit defect să nu depășească ca amploare defectul „credibil" ;

n_{critic} — puterea reprezentînd deficitul care rămîne în zonă după separarea acesteia de sistem și care determină o viteză de scădere a frecvenței mai mare decît aceea la care DASf poate încă să restabilească echilibrul producție-consum ;

p_{aut} — probabilitatea funcționării corecte a automaticii DASpc ;

p_{pers} — probabilitatea de acționare corectă a personalului în cazul unor măsuri preventive.

Relațiile de calcul utilizate sînt următoarele :

— *Probabilitatea ca să se producă depășirea capacității de transport a liniilor de alimentare a zonei* (această probabilitate reprezintă totodată probabilitatea de insucces, adică probabilitatea unei avarii extinse de sistem în cazul în care nu sînt prevăzute nici măsuri preventive și nici automatică antiavarie) :

$$P^{(1)} = P_0[p(n_c > N_{1\,max})] + P_1[p(n_c > N_{2\,max})] + \ldots$$

$$+ P_i[p(n_c > N_{i\,max})] + \ldots + P_n[p(n_c > n_{critic})] \quad (9)$$

*) Asemenea depășiri pot conduce uneori chiar la rezultate negative.

(probabilităţile P_0, P_1, ..., P_n se obţin din dezvoltarea produsului $\prod_{K=1}^{n} (p_x + q_x)$, ceea ce, de fapt, reprezintă aplicarea legii de distribuţie binomială pentru stabilirea structurii liniilor aflate în funcţiune la un moment dat; astfel, de exemplu:

$$P_0 = \prod_{i=1}^{i=n} p_i\,;\quad P_1 = \sum_{K=1}^{n} \frac{P_0}{p_K}\, q_K\,;\quad \ldots\ P_n = \prod_{i=1}^{i=n} q$$

Astfel, de exemplu, pentru două linii identice, cu o putere maximă de transport pe fiecare egală cu N_{max}, relaţia (9) devine:

$$P^{(1)} = p^2\,[p(n_c > 2N_{max})] + pq\,[p\,(n_c > N_{max})] + pq\,[p(n_c > N_{max})] + q^2[p(n_c > n_{critic}]$$

Expresiile $P(n_c > K_t N_{max})$ reprezintă probabilitatea ca puterea care trebuie transportată spre zonă să fie mai mare decît capacitatea maximă admisibilă a liniilor aflate în funcţiune în starea cu care este asociată probabilitatea respectivă.

— *Probabilitatea de insucces în cazul în care sînt prevăzute măsuri preventive*:

$$P^{(2)} = P^{(1)}\,[1 - p_{cred}\,p_{pers}], \qquad (10)$$

în care p_{cred}, p_{pers} reprezintă probabilitatea de nedepăşire a defectului „credibil", respectiv de acţiune corectă a personalului.

— *Probabilitatea de insucces în cazul în care există automatică, dar nu se prevăd măsuri preventive*:

$$P^{(2)} = P^{(1)}\,[1 - p_{aut}] \qquad (11)$$

unde p_{aut} este probabilitatea de funcţionare corectă a automaticii.

— *Probabilitatea de insucces în cazul în care există automatică antiavarie, cît şi măsuri preventive*:

$$P^{(1)} = P^{(2)}\,[1 - p_{aut}] = P^{(1)}\,[1 - p_{cred}\,p_{pers}]\,[1 - p_{aut}] \qquad (12)$$

— *Probabilitatea de solicitare* a automaticii de descărcare automată centralizată, DASpc, în cazul în care nu sînt prevăzute măsuri preventive:

$$p^{(2)}_{DASpc} = P^{(1)} \qquad (13)$$

— *Idem, dacă se iau măsuri preventive*:

$$P^{(2)}_{DASpc} = P^{(2)} \qquad (14)$$

— *Probabilitatea de solicitare a DASf:*

$$P_{DASf} = p_n = \prod_{i=1}^{i=n} q_i \qquad (15)$$

Pentru toate cele cinci variante de reţele analizate, rezultatele calculelor sînt centralizate în tabelul 1, admiţîndu-se ca date de intrare următoarele:

$p = 0{,}995$; $p\,(n_c > n_{critic}) = 0{,}10$; $p_{cred} = 0{,}9$; $p_{pers} = 0{,}95$;

$p_{aut} = 0{,}90$; $p\,(n_c > 2n_{cM}) = p(n_c > n_{cM}) = 0$;

$p(n_c > 2\,N_T) = 0{,}12$, resp. 0,20 (vezi nota din tabelul 1)

$p(n_c > N_T) = 0{,}20$, resp. 0,33 (vezi nota din tabelul 1)

$p(n_c > 1{,}5\,N_T) = 0{,}17$, resp. 0,28 (vezi nota din tabelul 1)

$p(n_c > 0{,}5\,N_T) = 0{,}60$, resp. 0,90 (vezi nota din tabelul 1)

Tabelul 1

Nr. caz	Schema de transport	Nivelurile de risc (pt. valorile I*)							Nivelurile de risc (pt. valorile II*)						
		$p^{(1)}_1$	$p^{(2)}_2$	$p^{(3)}_3$	$p^{(4)}_4$	$p^{(1)}_{DASpc5}$	$p^{(2)}_{DASpc6}$	$p^{(***)}_{DASf7}$	$p^{(1)}_8$	$p^{(2)}_9$	$p^{(3)}_{10}$	$p^{(4)}_{11}$	$p^{(1)}_{DASc12}$	$p^{(2)}_{DASc13}$	P_{DASf14}
1 (pct 21)	Z.Ex. → Z.Def.; $N_{max} = n_{cM}$; $n = 2$; Ntot secţiune $= 2n_{cM}$	0	0	0	0	0	0	25×10^{-6}	0	0	0	0	0	0	25×10^{-6}
2 (pct 22)	Z.Ex. → Z.Def.; $N_{max} = N_T$; $n = 2$; Ntot secţiune $= 2N_T$	0,121	0,0175	0,0121	0,00175	0,121	0,0175	25×10^{-6}	0,200	0,029	0,020	0,0029	0,200	0,029	25×10^{-6}
3 (pct 23)	Z.Ex. → Z.Def.; $N_{max} = \frac{N_T}{2}$; $n = 3$; Ntot secţiune $= 1{,}5\,N_T$	0,1637	0,0237	0,0167	0,00237	0,1637	0,0237	~ 0	0,265	0,0364	0,0265	0,00384	0,265	0,0384	~ 0
4 (pct 24)	Z.Ex. → Z.Def.; $N_{max} = \frac{N_T}{2}$; $n = 3$; $N_{max} = N_T$; Ntot secţiune $= 2\,N_T$	0,116	0,0168	0,0116	0,00168	0,116	0,0168	~ 0	0,188	0,0279	0,0188	0,00273	0,188	0,0273	~ 0
5 (pct 25)	Z.Ex. → Z.Def.; N_{max}; $n = 1$	0	0	0	0	0	0	0,005	0	0	0	0	0	0	0,005
	P_{Ex}	0,12	0,0174	0,012	0,00174	0,12	0,00174	0,005	0,20	0,029	0,020	0,0029	0,20	0,029	0,005
	N_T	0,20	0,029	0,020	0,0029	0,20	0,029	0,005	0,33	0,048	0,033	0,0048	0,33	0,048	0,005

*) Valorile I reprezintă grupa de valori mai mici pentru $P(n_c > n)$, iar valorile II — grupa de valori mai mari (această a doua grupă de valori este dată pentru cazul unei zone cu deficit mai mare decît în cazul primei grupe).

**) N_{max} — capacitatea maximă de transport a unei LEA din secţiunea de transport.

***) P_{DASf} se referă exclusiv la solicitarea DASf în cazul izolării zonei, şi nu la cazul lipsei de putere în întreg sistemul.

Dacă se ia în considerare modul cum sînt influențate rezultatele și de structura grupurilor din zonă, considerată în raport cu structura consumului, se pot face unele constatări suplimentare.

Astfel, dacă privim relația (9), observăm că $P^{(1)}$, și deci toate celelalte probabilități calculate cu relațiile (10)—(15) sînt în mod esențial influențate de probabilitățile $p(n_c > N_x)$, adică de probabilitățile ca puterea cerută din afara zonei să fie mai mare decît o anumită valoare N_x determinată de capacitatea maximă de transport a secțiunii respective într-o stare oarecare. Cu cît aceste probabilități vor fi mai mici, cu atît justificarea unor măsuri suplimentare de siguranță, în special prevederea unor automatizări de tip DASpc sau de separare a sistemului în zone, va fi mai puțin justificată.

Să considerăm mai întîi curba clasată a puterii cerute în zonă. Pot exista două tipuri de asemenea curbe (curbele *a* și *b* din figura 8). Curba *a* reprezintă cazul în care vîrful de sarcină este foarte pronunțat, dar durata cumulată este scurtă, iar curba *b* reprezintă cazul în care

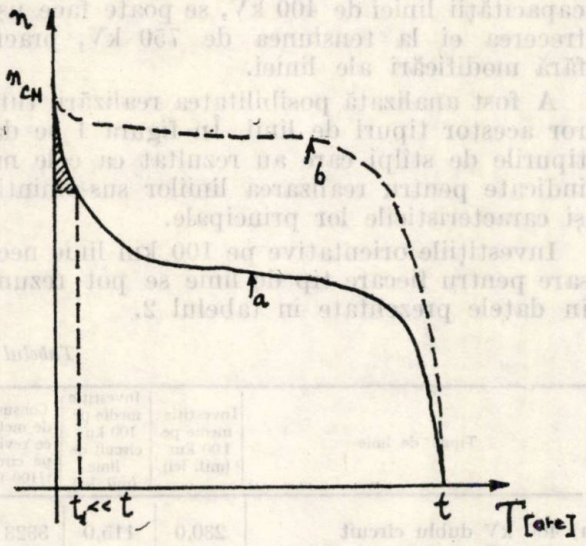


Fig. 8.

puterea cerută este practic constantă, prezentînd un vîrf foarte redus. Evident că, aplicînd criteriul $n-1$ în ambele cazuri tipice de mai sus, puterea N_T care va rezulta în conformitate cu relația (1) va fi aceeași, deoarece și puterea de vîrf maximă, n_{cM}, este aceeași în ambele cazuri.

Din punct de vedere însă al probabilităților $p(n_c > N_x)$, situațiile sînt foarte diferite, fapt care influențează considerabil rezultatele calculului probabilistic și situația ce rezultă în mod real. Astfel, în general:

$$p(n_c > N_x) = \int_0^{n_{cM}} P(n_{c_1} = x) \cdot p[n_p < (x - N_x)]\, dx \qquad (16)$$

În figura 9 se reprezintă funcțiile de densitate de probabilitate $P_1(n_{c1} = x)$ și $P_2(n_{c1} = x)$ corespunzătoare celor două curbe caracteristice *a* și *b* din figura 8, reprezentînd probabilitățile

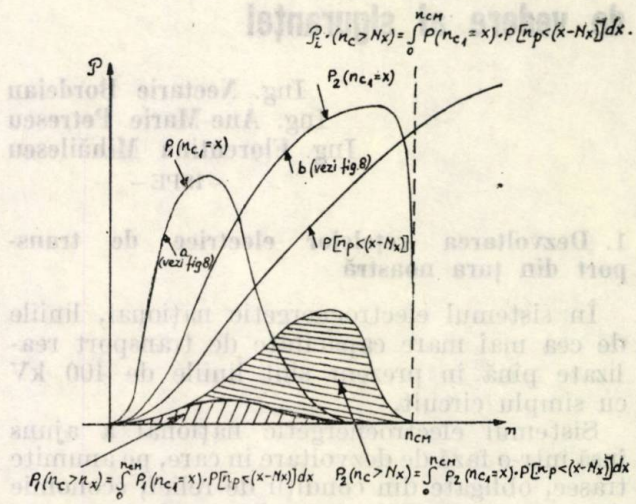


Fig. 9

n_c — puterea solicitată pe LEA; n_{c1} — puterea solicitată de consumatorii din zonă; n_p — putere produsă în zonă. *Notă.* Curbele $P_1(n_{c1} = x)$ și $P_2(n_{c2} = x)$ sînt corespunzătoare curbelor clasate de putere din zonă, conform figurii 8.

ca puterea cerută în zonă să fie egală cu o valoare x, funcție de repartiție $p(n_p < x - N_x)$ (probabilitatea ca puterea produsă în zonă să fie mai mică decît puterea $x - N_x$).

Cele două suprafețe hașurate din figura 9 reprezintă integrala din relația (16), deci probabilitatea $p(n_c > N_x)$ în cele două variante de consum. Se observă diferența considerabilă între cele două suprafețe, deci între probabilități.

Concluzii

Se consideră că aspectele evidențiate justifică studii și preocupări mai amănunțite în continuare, pentru ca, în corelare cu aspectele arătate și pe baza unor date statistice corespunzătoare, să se poată obiectiviza și selecta corect necesarul și volumul de automatizări de sistem, în funcție de particularitățile rețelelor sau ale structurii consum-producție din diferite zone de sistem.

Bibliografie

[1] * * * *Directive de proiectare a centralelor termoelectrice, a rețelelor electrice de transport și a rețetelor de termoficare.* PE 022—1/78.

[2] * * * *Îndrumar privind identificarea stărilor critice în funcționarea sistemului energetic și măsuri pentru eliminarea avariilor.* PE 140—78.

Optimizarea strategiei de utilizare a culoarelor pentru liniile electrice aeriene de transport, din punct de vedere al siguranței

Ing. **Nectarie Bordeian**
Ing. **Ane-Marie Petrescu**
Ing. **Florentina Mihăilescu**
— ISPE —

1. Dezvoltarea rețelelor electrice de transport din țara noastră

În sistemul electroenergetic național, liniile de cea mai mare capacitate de transport realizate pînă în prezent sînt liniile de 400 kV cu simplu circuit.

Sistemul electroenergetic național a ajuns însă într-o fază de dezvoltare în care, pe anumite trasee, obligate din condiții de relief, economie de teren și direcții predominante de transport de energie electrică, se depășește capacitatea unui circuit (încărcări peste 800—900 MW).

Pe unele dintre direcțiile principale de transport pentru următorii 15 ani se conturează chiar depășirea capacității de transport a două circuite de linii de 400 kV (încărcări peste 1600 MW).

De exemplu, se poate aminti cazul traseelor din Oltenia spre Muntenia (traseul Turceni — Slatina — București) și din Oltenia spre Transilvania (traseul Turceni — Rovinari—Mintia) necesare pînă în anul 1981.

Încărcările pe aceste trasee cresc treptat, ajungînd ca în 1990—1995 să fie necesare linii capabile să transporte pînă la circa 1800—2500 MW (echivalentul a 4 circuite de 400 kV).

Circulațiile importante de putere vor avea loc pe arterele de mare capacitate, în primul rînd pe cele de evacuare din Oltenia. Din circulațiile de puteri efectuate rezultă că încărcările maxime au loc pe distanțe de transport de circa 250 — 350 km, ele variind în limitele indicate în tabelul 1.

Tabelul 1

Traseul	1980	1985—1990	1995
Oltenia—Muntenia	700—900	900—1200	1000—2000
Oltenia—Transilvania	500—700	700— 900	2000—2500
Transilvania—Moldova	—	500— 800	800—1000
Moldova de sud—Moldova de nord	—	500— 800	1800—2400

Apare evident ca, în astfel de cazuri, să fie necesar să se construiască artere de capacitate mai mare decît a unei linii de 400 kV cu simplu circuit.

Posibilitățile constructive de realizare a unor astfel de artere de mare capacitate sînt următoarele:

a) Linie de 400 kV dublu circuit, avînd pe fază cîte două conductoare de 450 mm² OL—AL. În cazul depășirii capacității celor două circuite, se va realiza o nouă linie cu dublu circuit.

b) Linie de 400 kV cu dublu circuit cu conductoare active de 450 mm² OL—AL întărit, cu posibilitatea de trecere în perspectivă la 750 kV simplu circuit. În cazul depășirii capacității celor două circuite la 400 kV, se pot construi la capetele arterei stații de 750 kV și se trece linia la funcționarea la 750 kV prin jumelarea a cîte patru conductoare pe fază.

c) Linie de 400 kV cu patru circuite, avînd pe fază cîte două conductoare de 450 mm² OL—AL pe un stîlp (se poate considera și eventualitatea instalării etapizate a circuitelor).

e) Linie de 750 kV cu simplu circuit funcționînd la 400 kV, avînd fiecare fază cîte patru conductoare dispuse fascicular, cu secțiunea de 450 mm² OL—AL întărit. La depășirea capacității liniei de 400 kV, se poate face ușor trecerea ei la tensiunea de 750 kV, practic fără modificări ale liniei.

A fost analizată posibilitatea realizării tuturor acestor tipuri de linii. În figura 1 se dau tipurile de stîlpi care au rezultat ca cele mai indicate pentru realizarea liniilor sus-amintite și caracteristicile lor principale.

Investițiile orientative pe 100 km linie necesare pentru fiecare tip de linie se pot rezuma în datele prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Tipul de linie	Investiție medie pe 100 km (mil. lei)	Investiție medie pe 100 km circuit de linie (mil. lei)	Consum de metal ce revine pe circuit (t/100 km)
a) 400 kV dublu circuit	230,0	115,0	3323
b) 400 kV cu trecere la 750 kV	285,0	142,5	3575
c) 400 kV cu 4 circuite	520,0	130,0	3700
d) 750 kV cu funcționare la 400 kV	260,0	260,0	6340

Se observă că pentru liniile de 400 kV cu circuite multiple investițiile pe circuit sînt mai mari decît la liniile cu simplu circuit.

Consumul de metal este de asemenea mai mare la liniile cu circuite multiple (în special la cele cu patru circuite).

În afară de aceste aspecte, mai sînt de luat în considerare și alte probleme, care pot avea influență hotărîtoare la alegerea unei soluții, acestea fiind în principal următoarele:

— influența arterelor de mare capacitate asupra mediului ambiant (perturbații radio și televiziune, zgomot audibil, securitatea publică

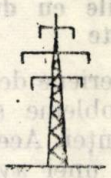
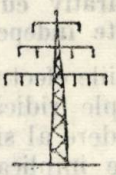
Elemente de comparaţie / Tipul liniei electrice		1 circuit	2 circuite	2 circuite	4 circuite
					
Putere transportată (MW)		650	1300	1300	2600
Indici tehnico-economici pentru 100 km linie	Investiţii (mii lei)	100 000	215 000	225 000	500 000
	Consum metalic (tone)	3000	6200	6600	14800
	Lăţimea liniei (metri)	23	48	22	47
	Suprafaţa de teren scoasă definitiv din producţia agricolă (ha)	0,050	0,073	0,071	0,113

Fig. 1

şi a altor instalaţii la tensiunile induse electrostatic şi electromagnetic);

— influenţele defavorabile ale defecţiunilor unui circuit asupra celorlalte circuite montate pe acelaşi stîlp;

— mărirea pe fiecare circuit a pierderilor de energie electrică prin efect corona la liniile cu circuite multiple;

— gradul de siguranţă oferit de liniile de mare capacitate;

— economicitatea transportului prin liniile de mare capacitate şi modalitatea de încadrare a acestor linii, şi în special a celor cu circuite multiple, în configuraţia generală de reţea a sistemului electroenergetic;

— posibilitatea separării unor circuite în timp ce celelalte sînt în funcţiune, la liniile cu circuite multiple.

2. Situaţia din alte ţări privind arterele de mare capacitate

În foarte multe ţări au apărut probleme similare cu cele din ţara noastră, care au condus la necesitatea de a se realiza artere de mare capacitate avînd cel puţin două circuite de 400 kV (sau 500 kV) sau de a se realiza linii pentru o treaptă de tensiune superioară (de obicei de 750 kV).

Strategiile de dezvoltare ale sistemelor electroenergetice din diferite ţări în privinţa arterelor de mare capacitate sînt destul de variate, depinzînd de condiţiile din ţările respective.

— Unele ţări au introdus linii cu dublu circuit de 400 kV (de exemplu R.F.G, Anglia, Italia).

— În alte ţări nu se realizează linii de 400 kV sau 500 kV cu dublu circuit deoarece costul unei linii cu dublu circuit este egal sau chiar mai mare decît al unor linii cu simplu circuit, în schimb siguranţa este mai mică (de exemplu în U.R.S.S., Suedia etc.). Pentru arterele de mare capacitate se preferă realizarea unor linii pentru tensiuni superioare celei de 400 kV sau 500 kV.

— În multe ţări, în momentul în care se pune problema liniilor de mare capacitate, se are în vedere realizarea unor linii pentru tensiuni superioare. Astfel, în unele ţări s-au realizat linii cu dublu circuit de 400 kV avînd posibilitatea de a fi transformate în linii de 750 kV cu simplu circuit (de exemplu în Franţa). În alte ţări se construiesc linii pentru treapta de tensiune de 750—800 kV, fie funcţionînd iniţial la 400 kV, fie funcţionînd de la început la 750 kV. În acest fel se procedează în ţări cu teritorii vaste (de exemplu U.R.S.S., Canada, S.U.A.), dar şi în ţări mai mici (Ungaria, Bulgaria, Suedia — pentru sudul ţării etc.).

În R.F.G., caz singular în Europa, se utilizează linii de mare capacitate cu patru circuite de 400 kV. Aceste linii se construiesc însă numai pe distanţe relativ scurte (50—100 km) şi sînt proiectate şi realizate cu deosebită atenţie. Şi în această ţară sînt discuţii între specialişti cu privire la oportunitatea utilizării liniilor cu patru circuite (a se vedea articolele publicate în ETZ nr. 10, 1975).

3. Gradul de siguranţă al liniilor de transport de mare capacitate cu circuite multiple, comparativ cu liniile cu dublu circuit şi cu circuite independente

Liniile electrice aeriene de 400 kV cu circuite multiple ridică probleme speciale din punct de vedere al siguranţei. Aceste probleme au în vedere implicaţiile unei avarii, în special, şi posibilităţile de extinderi de avarii în particular. Atît declanşările pe linie datorită unor defecte mecanice urmate de reparaţii de durată, cît şi declanşările la supratensiuni atmosferice implică indisponibilităţi simultane de două, trei, chiar patru circuite.

Intervenţiile pentru reparaţia unui circuit avariat de pe o linie cu mai multe circuite implică scoaterea din funcţiune pe perioada de reparaţie a circuitelor alăturate, din motive de protecţie a muncii.

Avarierea mecanică a oricărui element component al unei linii cu circuite multiple (conductoare de protecţie, lanţuri de izolatoare, stîlpi, conductoare active) poate avea ca urmare avarierea altor circuite de pe aceeaşi linie (ruperi de conductoare sau loviri de izolatoare, surpări de fundaţii).

În tabelul 3 se prezintă probabilităţile de avariere datorită unor defecte mecanice în

Tabelul 3

Probabilitatea de avariere a N circuite	Varianta A $1\times(4\times400\text{kV})$	Varianta B $2\times(2\times400\text{kV})$	Varianta C $4\times(1\times400\text{kV})$	Varianta D 2×750 kV
0	0,9876868	0,9888727	0,98946619	0,9908299
1	0,0122554	0,0098912	0	0,009155
2	0,0000557	0,0012288	0,0103072	0,0000145
3	0	0,0000078	0,0000024	—
4	0	0	0,0002251	—

liniile cu circuite multiple şi în liniile cu circuite independente (calculele detaliate se prezintă în anexă) în următoarele variante :

— Varianta A — Linie electrică aeriană cu patru circuite de 400 kV independente

— Varianta B — Linie electrică aeriană cu cîte două circuite de 400 kV pe un stîlp

— Varianta C — Linie electrică aeriană cu patru circuite de 400 kV pe acelaşi stîlp

— Varianta D — Linie electrică aeriană cu un circuit de 750 kV cu funcţionare la 400 kV

Din tabel rezultă faptul că în timp ce probabilitatea de avariere a două pînă la patru circuite pe un acelaşi stîlp cu patru circuite este 0,0103 — 0,000225, pentru linii cu circuite independente avarierea a patru circuite simultan este practic imposibilă, iar probabilitatea de avariere a două circuite este foarte mică, de 0,0000557.

De asemenea, dacă avem în vedere un alt indicator de fiabilitate (numărul de stări cu N circuite indisponibile), rezultă că în varianta $4\times(1\times400$ kV) sînt posibile în medie 0,056 căderi totale a celor patru circuite, faţă de varianta $1\times(4\times400$ kV), în care această situaţie este practic nulă.

Varianta constructivă $1\times(4\times400$ kV) fiind inabordabilă ca realizare practică, din motivele arătate mai sus, varianta echivalentă constructiv cu aceasta este cea cu două linii de 750 kV funcţionînd la 400 kV. Pentru această variantă probabilitatea de cădere completă a liniei este de 0,0000145, faţă de 0,010307 pentru varianta de $4\times(1\times400$ kV) sau de 0,0012288 pentru varianta de $2\times(2\times400$ kV).

Numărul de defecte urmate de reparaţii ale ambelor circuite ale unei linii de 750 kV funcţionînd la 400 kV este de 0,008 pe 100 km şi an, faţă de valoarea prezentată mai sus, de 0,056.

Exploatarea liniilor cu circuite multiple arată că există o posibilitate de 5—40% ca la o supratensiune atmosferică să declanşeze mai multe circuite simultan, numărul de declanşări definitive (RAR nereuşit) fiind şi el crescut proporţional.

De asemenea, în timp ce liniile construite pe circuite independente, $1\times(4\times400)$, sînt caracterizate prin declanşări definitive numai la nivel de un circuit, liniile cu circuite multiple arată probabilităţi de declanşare deloc neglijabile a mai multor circuite simultan.

Din analiza calculelor de fiabilitate se observă şi faptul că echipamentele de comutaţie de la capătul unei astfel de linii sînt mult solicitate, implicînd creşterea proporţională a numărului de refuzuri de declanşare a întreruptoarelor şi mărirea frecvenţei de revizie şi reparaţie planificată a acestora.

Rezultatele calculelor de fiabilitate demonstrează faptul că liniile electrice aeriene cu circuite multiple prezintă un nivel de siguranţă scăzut, mai cu seamă datorită probabilităţii de avariere a mai multor circuite simultan şi numărului mediu probabil de stări cu mai mult de 3—4 circuite în stare de indisponibilitate. Comparativ cu aceasta, variantele echivalente cu două linii de 750 kV funcţionînd la 400 kV sau două linii de 400 kV cu dublu circuit sînt mult mai sigure, avînd avantajul liniilor cu circuite independente atît ca exploatare, cît şi ca întreţinere. Această concluzie este în concordanţă şi cu costul transportului în fiecare dintre soluţiile de mai sus, rezultat în calculele efectuate.

4. Calcule de economicitate a transportului în diferite ipoteze constructive de linii, avînd în vedere și parametrii de fiabilitate calculați

Pentru efectuarea acestor calcule s-au luat în considerare următoarele ipoteze:

1. Variantele A, B, C, descrise în cap. 3, sînt analizate în ipoteza în care puterea totală de transportat pe cele patru circuite este de 2400 MW.

2. Varianta D este analizată atît în cazul în care liniile funcționează la 400 kV și puterea maximă transportată este de 1200 MW (la avarie, 1200 MW pe un circuit), cît și în ipoteza în care linia funcționează la 750 kV, puterea maximă de transport fiind 3200 MW (E), aceasta fiind și puterea maximă transportată pe un circuit în caz de avarie.

3. Încărcarea maximă pe un circuit în cazul unei avarii pe celelalte circuite este de 700 MW pentru liniile de 400 kV.

4. Costul energiei electrice nelivrate din cauza unei avarii este $d = 10$ lei/kWh.

5. Probabilitatea de solicitare a liniilor de transport maxim este de 0,4.

6. Costul de recuperare a pierderilor de putere prin efect Joule este de 6 mil. lei/MW.

7. Costul energiei electrice nelivrate datorită pierderilor de putere prin efect Joule este de 0,35 lei/kWh.

8. $\tau = 3500$ ore — perioadă din cursul unui an în care liniile funcționează la puterea maximă de transport.

9. Cheltuielile fixe avînd în vedere costul investiției sînt: $C_i = 0{,}025\ I_d$.

10. Cheltuielile de calcul, raportate la MW transportat, se calculează conform relației:

$$A = 0{,}125\ (I_d + I_p) + C_i + C_d + C_p,$$

unde

$$I_p = \Delta P \times 6$$

C_d este costul daunelor datorită energiei electrice nelivrate;

C_p — costul pierderilor de energie datorită pierderilor Joule și costul pierderilor de energie prin efect corona.

În tabelul 4 sînt prezentate rezultatele finale ale calculelor efectuate.

5. Concluzii asupra arterelor de transport de mare capacitate

Pentru alegerea variantei optime, criteriul general este cel al cheltuielilor totale actualizate minime, în care au fost cuprinse atît pierderile de putere și energie electrică în rețelele electrice de transport, cît și cele necesare pentru

Tabelul 4

Costul transportului cu diferite linii de mare capacitate (pe 100 km)

Varianta	Valori caracteristice [MW]	Id [mil. lei]	p = ΔP×6 [mil lei]	Ci=Id×0,025 [[mil. lei]	Δ Pc [MW]	Cd/P pt.d=10 lei/kWh [mil lei/MW]	$\frac{Cp/P = (\Delta P+\Delta Pc)\times \times 0{,}35 \times \tau}{P \times 10^3}$ [mil. lei/MW]	[0,125 × (Id + Ip) + Ci + Cd + Cp]/p [mil. lei]
A 4 circuite independente	P = 2400 Pmax/circ = 800 ΔP = 32,91	400	197,448	10	3,2	0,00065	0,01743	0,054375
B 2 linii duble	P = 2400 Pmax/circ = 800 ΔP = 32,81	460	197,448	11,5	3,064	0,01461	0,01736	0,072006
C Linie 4 circuite	P = 2400 Pmax/circ = 800 ΔP = 32,91	510	197,448	12,75	3,768	0,12833	0,01872	0,189209
D Linie 750kV funcț. la 400 kV	P = 1200 Pmax/circ = 1200 ΔP = 7,58	440	45,474	11	—	0,000508	0,00774	0,06799
E Linii 750kV	P = 3200 Pmax/circ = 3200 ΔP = 15,33	440	91,890	11	7,2	0,000508	0,00863	0,039082
B' 2 linii duble	P = 1200 Pmax/circ = 800 ΔP = 7,82	460	46,896	11,5	3,064	0,00091	0,01111	0,073579
C' Linie 4 circuite	P = 1200 Pmax/circ = 800 ΔP = 7,82	510	46,896	12,75	3,768	0,007915	0,01182	0,08836

pomparea apei de răcire în centralele de mare putere.

Suplimentar, în compararea tehnico-economică a variantelor, s-au mai considerat următoarele elemente :

— consumul de metal necesar pentru realizarea liniilor electrice aeriene în fiecare variantă examinată ;

— terenul arabil ocupat definitiv pentru realizarea liniilor electrice aeriene și

— suprafețele de păduri defrișate.

Din analiza rezultatelor calculelor tehnico-economice se constată următoarele privitor la strategia de realizare a arterelor de mare capacitate :

— Varianta cea mai avantajoasă este cea în care arterele de mare capacitate se realizează cu profil de 400 kV dublu circuit, eventual transformabile la 750 kV.

— Variantele în care arterele de mare capacitate se realizează cu profil de 400 kV cu patru circuite sînt cele mai dezavantajoase, fiind mai avantajos în acest caz să se realizeze linii de 400 kV sc. pe trasee diferite și eventual prin demolarea în acest caz a unor linii de 220 kV.

— De la caz la caz este oportună dezafectarea unor linii de 220 kV de regulă cu simplu circuit, pentru realizarea pe același traseu a unor artere de mare capacitate.

În urma analizelor efectuate asupra celor patru posibilități constructive de realizare a arterelor de transport de mare capacitate, se detașează următoarele concluzii :

— Soluția cu linie cu patru circuite pe același stîlp conduce la inconveniente mari, dintre care : cost pe circuit mai ridicat cu circa 10—15% decît în celelalte soluții, consum de metal mai mare cu 6—10%, pierderi prin efect corona mai mari în medie cu 15—40%, siguranță în funcționare redusă, măsuri speciale necesare la realizarea prizelor de pămînt și la rotirea fazelor, întreruperea obligatorie a cel puțin două circuite la repararea unuia, etc. Aceste inconveniente conduc la concluzia că nu se recomandă adoptarea unei astfel de soluții pentru sistemul electroenergetic național, ca artere de transport, ci numai în cazuri speciale, la ieșiri din stații (pentru reducerea culoarelor de linii) și pentru liniile de racordare la sistem a centralelor electrice de mare putere.

— Dintre celelalte soluții constructive, dublu circuit 400 kV, dublu circuit 400 kV transformabil în 750 kV simplu circuit și simplu circuit 750 kV funcționînd inițial la 400 kV, apare foarte convenabilă și elastică soluția cu linia 400 kV dublu circuit, eventual transformabilă la 750 kV.

ANEXĂ

Calculul indicatorilor de fiabilitate pentru LEA 400 kV cu circuite independente sau cu circuite multiple

A. *Linie electrică aeriană cu patru circuite independente*

Ipoteze de calcul :

1. Cele patru circuite se consideră independente unele de altele.

2. Elementele componente ale unei linii sînt expuse defectării indiferent de starea elementelor ce constituie linia.

Parametrii de fiabilitate ai unei linii de 400 kV (datele sînt date pe 100 km) sînt dați în tabelul 5.

Tabelul 5

Element component	Intensitatea de avariere	Intensitatea de reparare	P
Conductoare active	$0{,}15 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	$500 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	0,9997
Conductoare de protecție	$0{,}1 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	$500 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	0,9998
Idem	Idem	Idem	0,9998
Lanțuri de izolatoare	$1{,}1 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	$500 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	0,9986268
Stîlpi și fundații	$0{,}04 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	$200 \cdot 10^{-4} h^{-1}$	0,9998

Schema echivalentă de calcul este dată în figura 2.

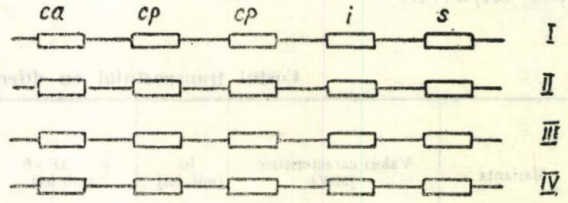


Fig. 2

Indicatorii de fiabilitate obținuți prin utilizarea programului de calcul SIGRIND :

Probabilitatea ca toate cele patru circuite să funcționeze $P = 0{,}9876868$

Probabilitatea ca un circuit să fie avariat $P_1 = 0{,}0122554$

Probabilitatea ca două circuite să fie avariate $P_2 = 0{,}0000557$

Probabilitatea ca trei circuite să fie avariate $P_3 = 0$

Probabilitatea ca patru circuite să fie avariate $P_4 = 0$

B. *Linie electrică aeriană cu cîte două circuite pe un stîlp*

Ipoteze de calcul :

1. Cele două circuite se consideră independente unele față de celelalte.

2. Circuitul de pe o parte a unui stîlp poate fi reparat fără scoaterea din funcțiune a circuitului vecin.

3. Avarierea conductoarelor de protecție sau a stîlpului scoate din funcțiune pe perioada de reparație ambele circuite ale liniei.

Parametrii de fiabilitate sînt cei prezentați anterior. Schema echivalentă de calcul este prezentată în figura 3.

4. Elementele componente ale unui circuit se pot avaria indiferent de starea elementelor de pe același circuit.

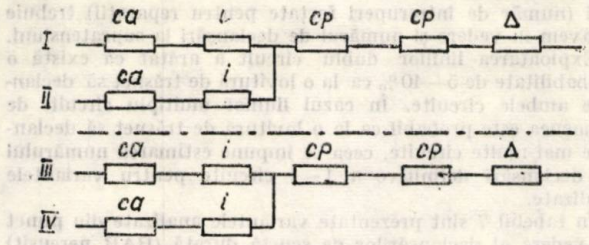


Fig. 3

Indicatorii de fiabilitate obținuți prin utilizarea programului de calcul SIGRIND :

— Probabilitatea ca cele patru circuite să fie în funcțiune $P = 0{,}9888727$
— Probabilitatea ca un circuit să fie avariat $P_1 = 0{,}0098912$
— Probabilitatea ca două circuite să fie avariate $P_2 = 0{,}0012288$
— Probabilitatea ca trei circuite să fie avariate $P_3 = 0{,}0000078$
— Probabilitatea ca toate circuitele să fie avariate $P_4 = 0$

C. *Linie electrică aeriană cu patru circuite pe același stîlp*

Ipoteze de calcul :

1. Circuitele de pe o parte a liniei se pot repara fără scoaterea din funcțiune a circuitelor de pe cealaltă parte a liniei.

2. Conductoarele de protecție afectează prin defectarea lor circuitele din partea superioară a coronamentului de stîlp.

3. Elementele sînt expuse defectării indiferent de starea celorlalte componente ale liniei.

Parametrii de fiabilitate sînt cei prezentați anterior.

Circuitul echivalent de calcul este dat în figura 4.

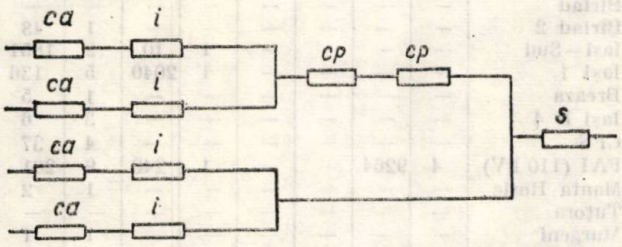


Fig. 4

Indicatorii de fiabilitate obținuți cu ajutorul programului SIGRIND :

— Probabilitatea ca toate circuitele să fie în funcțiune $P = 0{,}98946619$
— Probabilitatea ca un circuit să fie avariat $P_1 = 0$
— Probabilitatea ca două circuite să fie avariate $P_2 = 0{,}0103072$
— Probabilitatea ca trei circuite să fie avariate $P_3 = 0{,}0000024$
— Probabilitatea ca patru circuite să fie avariate $P_4 = 0{,}0002251$

D. *Două linii electrice aeriene de 750 kV*

Ipoteze de calcul :

1. Circuitul de pe o linie este independent de celălalt circuit.

2. Elementele unei linii sînt expuse defectării indiferent de starea celorlalte circuite.

Parametrii de fiabilitate :

	Intensitatea de avariere	Probabilitatea de funcționare, p
— Conductoare active	$0{,}2 \cdot 10^{-4}\ h^{-1}$	0,9996
— Conductoare de protecție	$0{,}1 \cdot 10^{-4}\ h^{-1}$	0,9998
— Lanțuri de izolatoare	$0{,}55 \cdot 10^{-4}\ h^{-1}$	0,9989012
— Stîlpi și fundații	$0{,}04 \cdot 10^{-4}\ h^{-1}$	0,9998

Tabelul 6

Parametrii de fiabilitate	Varianta *A* 1 × (4 × 400)	Varianta *B* 2 × (2 × 400)	Varianta *C* 4 × (1 × 400)	Varianta *D* 2 × (2 × 750)
Probabilitatea ca toate circuitele să fie în funcțiune	0,9876868	0,9888727	0,98946619	0,990829945
Probabilitatea ca un circuit să fie avariat	0,0122554	0,0098912	0	0,009155
Probabilitatea ca două circuite să fie avariate	0,0000557	0,0012288	0,0103072	0,0000145
Probabilitatea ca trei circuite să fie avariate	0	0,0000078	0,0000024	—
Probabilitatea ca patru circuite să fie avariate	0	0	0,0002251	—

Tabelul 7

Varianta	Nr. circuite indisponibile	Nr. de stări de indisponibilitate pe timp ssurt ($t_d \leqslant 30'$)	Nr. de stări de indisponibilitate de lungă durată ($t_d > 30'$)
A	1	1,2—1,6	5,004
	2	0	0,047
	3	0	0,0001
	4	0	0
B	1	0,8 —1,3	0,841
	2	0,04—0,12	0,411
	3	0	0,004
	4	4	0,002
C	1	0,8 —2,1	—
	2	0,11—1,05	4,2
	3	0,01—0,05	0,022
	4	0,01—0,05	0,056
D	1	0,04—0,4	1,668
	3	0,02—0,2	0,008

t_d este durata de întrerupere.

Indicatorii de fiabilitate obținuți cu ajutorul programului SIGRIND :

— Probabilitatea ca ambele linii să fie în funcțiune $P = 0{,}990829945$
— Probabilitatea ca un circuit să fie avariat $P_1 = 0{,}009155$
— Probabilitatea ca două circuite să fie avariate $P_2 = 0{,}0000145$

În tabelul 6 sînt prezentați indicatorii de fiabilitate din punctul de vedere al celor patru variante analizate.

Calculele de fiabilitate efectuate au în vedere numai întreruperile pe linii urmate de reparații. La numărul de deteriorări (număr de întreruperi forțate pentru reparații) trebuie să avem în vedere și numărul de declanșări la supratensiuni.

Exploatarea liniilor dublu circuit a arătat că există o probabilitate de 5—40% ca la o lovitură de trăsnet să declanșeze ambele circuite. În cazul liniilor multiplu circuit, de asemenea este probabil ca la o lovitură de trăsnet să declanșeze mai multe circuite, ceea ce impune estimarea numărului de declanșări definitive a 1—4 circuite pentru variantele analizate.

În tabelul 7 sînt prezentate variantele analizate din punct de vedere al declanșărilor de scurtă durată (RAR nereușit) și al numărului de întreruperi pentru reparații pe 100 km de linie.

Siguranța în funcționare a stațiilor de transformare din cadrul IRE Iași. Date statistice, comparații cu valori medii multianuale pe ansamblul sistemului energetic

Ing. **Hermina Albert**
Ing. **Magda Bogan**
Ing. **Marina Bădin**
—ISPE—

În scopul evidențierii nivelului de siguranță realizat de stațiile de 110 kV din cadrul IRE Iași în condiții de exploatare curentă, și pentru a desprinde măsuri concrete de îmbunătățire a acestuia, s-a efectuat o analiză complexă a evenimentelor care au avut loc în aceste stații în perioada 1974—1977. Datele respective s-au prelucrat, utilizînd metode și programe de calcul adecvate, pe baza rezultatelor obținute, analizîndu-se condițiile de siguranță în funcționare a stațiilor și compararea acestora cu datele obținute pe ansamblul SEN.

Stațiile de 110 kV care au făcut obiectul analizei au fost în număr de 31, o clasificare a acestora după tipul schemei și numărul de celule (pe funcții) fiind dată în tabelul 1.

Tabelul 1

Schema de conexiuni	Nr. injecții din sistem (220 kV sau CET)	Nr. celule de tranzit la 110 kV	Nr. celule alimentare la 110 kV	Nr. celule alimentare prin trafo 110/MT	Nr. stații
Bară dublă și transfer	2	4	7	4	1
	2	8	2	4	1
Bară dublă secționată	—	2	6	2	1
Bară dublă	—	2	1	3	1
	—	3	—	2	1
Bară simplă secționată	—	2	—	2	2
Bară simplă	1	—	—	1	2
	—	2	—	2	3
	—	2	1	1	1
	—	2	—	1	1
Racord adînc	3	—	—	—	1
	2	—	—	—	4
	1	—	—	—	1

Se constată o mare diversitate a schemelor, corelată corect cu funcțiile stațiilor și cu categoria de consumatori ce se alimentează prin acestea.

Din punct de vedere al echipamentelor existente în aceste stații, se constată că :

— predomină întreruptoarele IUP (78 IUP, 17 IO);

— majoritatea transformatoarelor 110/MT (24) sînt cu înfășurări de Al, iar cele cu trei înfășurări (11) sînt cu conductoare de Cu;

— mai există transformatoare 110/MT cu două înfășurări, fără reglaj sub sarcină, în stația Iași-sud (4).

Evenimente înregistrate în stațiile de 110 kV din cadrul IRE Iași în perioada 1974—1977

În conformitate cu datele cuprinse în sistemul informațional GETIC, în aceste stații au avut loc deteriorările și incidentele date în tabelele 2 și 3.

Tabelul 2

Situația deteriorărilor pe stațiile de 100 kV din cadrul IRE Iași în perioada 1974—1977

Stația	Anul 1974		Anul 1975		Anul 1976		Anul 1977	
	Nr. deteriorări	Durata, ore	Nr. deteriorări	Durata, ore	Nr. deteriorări	Durata, ore	Nr. deteriorări	Durata, ore
Belcești	—	—	—	—	—	—	—	—
Bîrlad conex.	—	—	—	—	—	—	1	40
Bîrlad	—	—	—	—	—	—	—	—
Bîrlad 2	—	—	—	—	—	—	1	48
Iași—Sud	—	—	—	—	1	10	2	1851
Iași 1	—	—	—	—	1	2040	5	136
Breaza	—	—	—	—	—	—	1	5
Iași B 4	—	—	—	—	—	—	3	6
CFS	—	—	—	—	—	—	4	37
FAI (110 kV)	4	9264	—	—	1	240	9	281
Manta Roșie	—	—	—	—	—	—	1	2
Țuțora	—	—	—	—	—	—	—	—
Murgeni	—	—	—	—	—	—	1	1
Negrești	—	—	—	—	—	—	1	8
Pașcani	—	—	—	—	—	—	—	—
Vatra	—	—	—	—	—	—	—	—
Tîrgu Frumos	—	—	—	—	—	—	1	3
Vaslui 1	—	—	—	—	—	—	1	3
Vaslui 2	—	—	—	—	—	—	2	64

Tabelul 3

Situaţia incidentelor în staţiile 110 kV IRE Iaşi în perioada 1974—1977

Anul	Nr. incidente	Durata (minute)	Energie electrică nelivrată (MWh)
1974	4	10′	1,78
1975	1	2′	0,20
1976	1	25′	0,12
1977	1	28′	0,40

Din analiza acestora rezultă o creştere deosebit de mare a deteriorărilor în anul 1977, an în care 66% din numărul staţiilor au avut 1—9 deteriorări de echipamente.

Numărul cel mai mare s-a înregistrat în staţia FAI (9), urmată de staţiile Iaşi—Sud (4), CFS Iaşi (4), B4(3), Vaslui (2) etc.

Incidentele au fost practic la acelaşi nivel în ultimii trei ani (1 incident/an), dar durata acestora a crescut de la 2 minute/incident în 1975 la 28 minute/incident în 1977. Se menţionează că, datorită unei reţele de 110 kV bine concepută, numărul incidentelor/staţie este dintre cele mai reduse din ţară.

Compararea valorilor medii ale parametrilor de fiabilitate λ, μ pe echipamentele din staţiile 110 kV Iaşi, cu valorile medii pe ţară

Determinarea parametrilor de fiabilitate λ şi μ realizaţi la echipamentele de 110 kV din staţiile din cadrul IRE Iaşi s-a făcut pe baza relaţiilor cunoscute :

$$\lambda = \frac{1}{T_f} (t^{-1})$$

$$\mu = \frac{1}{T_a} (t^{-1})$$

unde T_f şi T_a reprezintă duratele medii de funcţionare, respectiv defectare, ale fiecărui element în parte, utilizînd datele statistice asupra deteriorărilor.

Din analiza valorilor obţinute s-au reţinut următoarele concluzii mai importante :

— Intrerupătoarele IUP, împreună cu dispozitivele lor de acţionare, prezintă un număr mai mic de defectări decît întrerupătoarele IO, avînd însă durate de reparare mult mai mari decît acestea din urmă. Valoarea medie λ la aceste echipamente se situează în limitele intervalului de încredere pentru λ pe ţară ; valoarea medie a timpului de reparare rămîne însă, la IRE Iaşi, totdeauna superioară mediei pe ţară.

— Transformatoarele de tensiune se situează, ca număr de defecte, la valoarea medie pe ţară, durata de reparare este însă de 7 ori mai mare decît cea medie pe ţară.

— Transformatoarele de curent au prezentat o intensitate de avariere dublă faţă de media pe ţară şi o durată de reparare cu mult mai mică ;

— Analiza comportării transformatoarelor cu două înfăşurări a evidenţiat faptul că deteriorări au existat numai la cele cu înfăşurări de Al, valorile parametrilor de fiabilitate obţinuţi fiind practic egale cu cele medii pe ţară ;

— Transformtoarele cu trei înfăşurări, avînd înfăşurările din Cu, nu au prezentat nici o defecţiune.

— De asemenea nu au fost evidenţiate defecte pe bare colectoare.

Numai o analiză de detaliu a condiţiilor de exploatare şi de dotare cu personal şi utilaje specializate poate permite o apreciere judicioasă a faptului că duratele de remediere a deteriorărilor sînt în general superioare la IRE Iaşi faţă de media pe ţară.

Compararea indicatorilor de siguranţă medii obţinuţi pe staţii cu valorile raportate

Utilizînd metodele de calcul cunoscute şi programul SAFETY (din biblioteca ELECTRA), luînd ca bază valorile medii pe ţară pentru parametrii de fiabilitate λ şi μ, s-au determinat indicatorii medii de siguranţă pe staţii cu referire la întreaga perioadă analizată.

Analiza siguranţei în funcţionare a fost făcută cu referire la funcţiile staţiilor :

— alimentarea consumatorilor ;
— tranzit în reţeaua de 110 kV.

Rezultatele acestor calcule se prezintă în tabelul 4. De asemenea s-au stabilit intervalele medii de timp în care, cu o probabilitate de 0,9, este de aşteptat fie întreruperea în alimentarea consumatorilor dintr-o staţie, fie întreruperea tranzitului. Rezultatele respective sînt prezentate în tabelul 5.

Datele prezentate în tabelele menţionate permit evidenţierea următoarelor rezultate de calcul :

1. Pentru *alimentarea consumatorilor* se obţin indicatori de siguranţă ridicaţi pentru majoritatea staţiilor, excepţie făcînd staţiile Murgeni (3 întreruperi la doi ani), Ţuţora, Paşcani şi Belceşti (în medie o întrerupere la trei ani). În toate celelalte staţii, date fiind rezervările din schemă, numărul mediu de întreruperi este redus (sub una la zece ani). În ceea ce priveşte duratele medii de întrerupere pe an, acestea sînt ridicate în cazul staţiilor cu transformatoare avînd trei înfăşurări (Belceşti, Ţuţora).

Staţiile cu un singur transformator cu două înfăşurări (Murgeni, Tg. Frumos şi Negreşti) au de asemenea durate de întreruperi medii ridicate (între 20—30 ore/an), ca urmare a lipsei de rezervă în transformator.

Din analiza intervalelor medii de timp după care sînt de aşteptat întreruperi în alimentarea

Tabelul 4

Indicatori de siguranță obținuți pentru stațiile IRE Iași pe perioada studiată (1974 — 1977)

Stația	Tranzit			Alimentare			Defecte extinse la bară ca urmare a refuzului întrerupătorului pe LEA
	Întreruperi de durată		Intr. de manevră	Întreruperi de durată		Intr. de manevră	
	Număr	Durată (ore)	Număr	Număr	Durată (ore)	Număr	Număr
110/20 kV Belcești	—	—	—	0,52	358,6	—	—
110/20 kV Bîrlad	4,6	110,24	0,42	0,009	0,24	0,42	0,3 0,33
110/6 kV Bîrlad 1	—	—	—	—	—	—	—
110/6 kV Bîrlad 2	—	—	—	0,0039	0,115	0,276	—
110/20 kV Huși	—	—	—	0,006	0,083	—	—
110/20/6 kV Iași-Sud	0,0001	0,0022	0,4	0,0034	0,3	0,4	1,9 0,7
110/6 kV Iași 1	3,268	125,8	—	0,132	7,08	—	0,2
110/35/6 kV Iași 2	—	—	—	0,056	17,32	—	—
110/20/6 kV Iași-Breazu	2,55	88,09	—	0,129	6,92	2,42	0,6
110/6 kV Iași-B 4	3,268	125,8	—	0,132	7,08	—	0,2
110/20/6 kV Iași-FAI	0,0001	0,0021	0,38	0,0066	0,364	0,38	2,1 1,2
110/6 kV Iași-Manta-Roșie	1,72	74,54	—	0,128	6,92	1,59	0,3
110/6 kV Iași-SRA-CFS	—	—	—	0,0014	0,045	—	—
110/20 kV Iași-Țuțora	—	—	—	0,391	305,75	—	—
110/20 kV Murgeni	—	—	—	2,819	120,29	—	—
110/20 kV Negrești	1,87	47,11		0,184	27,94		1,15
110/20 kV Pașcani	4,13	109,15	—	1,308	6,936	—	0,8
110/20 kV Vatra (Pașcani)	—	—	—	—	—	—	—
110/20 kV Tg. Frumos	2,46	70,31	—	0,3614	45,95	—	0,7
110/35/20/15/kV Vaslui 1	5,304	115,88	0,124	0,0089	0,235	0,124	1,14
110/20 kV Vaslui 2	0,024	0,28	0,24	0,0017	0,1504	0,24	1,3 0,8

Tabelul 5

Intervale medii de timp pentru realizarea continuă a funcționării stațiilor (cu probabilitate 0,9)

Stația	Perioada în care ar trebui să se producă o întrerupere		Durata observației (ore)	Număr întreruperi raportate	
	Alimentare (ore)	Tranzit (ore)		Alim.	Tranzit
Belcești	2959	—	14 542	—	—
Bîrlad	8709	804	35 040	—	1
Bîrlad 1	—	—	24 090	—	—
Bîrlad 2	566 772	—	21 024	—	—
Huși	153 862	—	8 760	—	—
Iași-Sud	9 194	9 194	35 040	2	2
Iași 1	28 908	1 130	35 040	—	2
Iași 2	69 204	—	35 040	1	—
Breazu	28 581	1 446	35 040	—	
Iași-B 4	28 908	1 130	35 040	—	2
CFS Iași	581 664	—	8 040	—	—
FAI	9 616	9 616	35 040	1	6
Manta Roșie	28 908	2 145	35 040	—	—
Țuțora	3 351	—	12 360	—	—
Murgeni	1 310	—	35 040	1	—
Negrești	7 117	699	12 360	—	—
Pașcani	28 231	893	35 040	—	—
Vatra	28 231	1 461	0	—	—
Tîrgu Frumos	5 952	875	20 400	—	1
Vaslui 1	29 655	696	35 040	—	—
Vaslui 2	15 386	15 386	35 040	—	—

consumatorilor, cu o probabilitate de 0,9, se constată că :

— un număr de stații au aceste intervale de peste 10 ani (Bîrlad 2, Huși, CFS Iași), stații în care nici nu au fost raportate întreruperi în alimentarea consumatorilor ;

— o altă categorie de stații au acest interval cuprins între 1 și 10 ani (Iași-sud, Iași 1 și Iași 2, Breazu, Iași B4, FAI, Manta Roșie, Pașcani, Vatra, Vaslui 1 și 2), stații în care s-au produs patru întreruperi în alimentarea consumatorilor în perioada analizată ;

— celelalte stații (Belcești, Bîrlad, Țuțora, Murgeni, Negrești și Tg. Frumos) au un interval mediu de timp pentru realizarea alimentării neîntrerupte a consumatorilor sub 1 an.

În aceste stații s-a produs în perioada examinată cel puțin cîte o întrerupere în alimentare.

Din interpretarea rezultatelor din tabelul 5 se poate trage concluzia că, în unele stații, în care intervalul mediu de timp de realizare continuă a funcției de alimentare este apropiat ca valoare de durata de observație și în care nu s-au produs întreruperi aleatorii ale funcționării, este necesară o atenție sporită în exploatare, luarea unor măsuri deosebite de mentenanță. Este cazul stațiilor Manta Roșie și Breazu.

Stațiile cu intervale de sub un an pentru realizarea continuă a funcționării și la care nu au apărut întreruperi cu caracter aleatoriu au avut în perioada de observație opriri planificate, care au permis, ca urmare a unei bune exploatări, evitarea unor incidente.

O concluzie importantă care se desprinde din această analiză ar fi ca la stabilirea intervalelor pentru revizii planificate să se aibă în vedere intervalele medii de timp obținute pentru realizarea continuă a funcției de alimentare a consumatorilor.

2. Pentru *asigurarea tranzitului* se obțin valori ridicate ale indicatorilor de siguranță în stațiile principale (FAI, Iași-sud, Vaslui 1 și 2). În celelalte stații se obțin întreruperi ale tranzitului prin stația respectivă în medie o dată pe an sau o dată la doi ani. Duratele de întrerupere ale tranzitului variază între 30 și 20 ore, fiind influențate de lungimea liniilor.

Este important însă de menționat că, prin structura rețelelor de 110 kV IRE Iași, care, de regulă, asigură legături de tranzit în paralel, efectele întreruperilor locale ale tranzitului asupra bunei funcționări a rețelei în ansamblu sînt reduse.

Din punct de vedere al intervalelor medii de timp pentru realizarea continuă a tranzitului cu o probabilitate de 0,9, se constată că :

— acest interval este de peste un an în stațiile Iași-sud, FAI și Vaslui 2, stații în care, în perioada examinată, au avut loc opt întreruperi ale tranzitului ;

— acest interval este de sub un an în toate celelalte zece stații în care se realizează tranzit, stații în care s-au produs șase întreruperi.

Faptul că într-o serie de stații la care intervalul mediu de timp pentru realizarea continuă a funcției de tranzit este în jur de 1000 ore nu au fost raportate întreruperi aleatorii ale acesteia se explică prin realizarea unor opriri planificate, datorită unei mentenanțe corespunzătoare.

3. În tabelul 4 se evidențiază și numărul de întreruperi de manevră rezultate din calcul într-un nod, ca urmare a avariilor extinse prin refuz de întrerupător de linie.

Dat fiind numărul relativ redus de legături pe diferitele bare ale stațiilor, se constată că numai pe una dintre barele Iași-sud și una dintre barele stației FAI pot apărea în medie refuzuri o dată la doi ani. În toate celelalte

staţii, frecvenţa acestora variază între una la trei ani şi una la cincisprezece ani.

Ca o concluzie generală la analiza siguranţei în exploatare a staţiilor de 110 kV din cadrul IRE Iaşi se desprinde ideea că structura adoptată pentru diferitele staţii a corespuns foarte bine nivelului de siguranţă cerut, comportîndu-se foarte bine în exploatare.

Numărul de legături între staţii şi sistem este minim necesar, astfel încît nu există o influenţă negativă asupra consumatorilor din nodurile respective.

Deşi numărul mic de legături între staţii (în circa 48% din staţii numai cîte două) ar putea conduce la un număr mare de întreruperi ale tranzitului, acest lucru nu apare în raportări, fapt care se poate explica prin buna organizare a reparaţiilor planificate.

Din evenimentele raportate rezultă oportunitate unor analize a măsurilor care se iau în cadrul IRE Iaşi pe linie de reparaţii accidentale. Rezultatele interesante desprinse din analiza efectuată pentru IRE Iaşi permit totodată să se tragă concluzia că astfel de examinări sînt oportune şi utile pentru toate întreprinderile de reţele electrice.

Aspecte de siguranţă privind schemele de conexiuni ale staţiilor de 110–400 kV propuse pentru tipizare

Ing. I. Florea
–ISPE–

1. Criterii generale de alegere a schemelor de staţii

Alegerea schemei de conexiuni a staţiilor electrice este o problemă mult dezbătută atît în ţară, cît şi pe plan internaţional. Literatura de specialitate [1]–[5] menţionează, chiar pentru staţiile realizate în ultimii 5–8 ani, o mare varietate de scheme.

Pluralitatea soluţiilor adoptate se explică prin multitudinea criteriilor considerate şi ponderea diferită a acestora, în funcţie de structura şi gradul de dezvoltare a sistemului energetic din ţara respectivă, rolul diferitelor reţele, costul şi calitatea echipamentelor, relaţiile dintre furnizori şi consumatori etc.

Printre alţi factori importanţi care intervin la alegerea schemei, unii, ca tradiţia (obişnuinţa), atîrnă greu în balanţă şi pot fi cu greu combătuţi. De asemenea, o pondere importantă o au :

— restricţiile : lipsa de echipament;
neîncrederea în echipament;
lipsa de personal;
insuficienta calificare a personalului;

— incertitudinile privind :
— numărul liniilor şi capacitatea de transport;
— destinaţia finală a circuitelor;
— implicaţiile la consumatori (valoarea reală a daunelor) etc.

O metodă ideală de optimizare a unei scheme de conexiuni ar presupune cuantificarea tuturor criteriilor (sau cel puţin ordonarea lor în ordinea importanţei) şi adoptarea variantei cu punctaj maxim.

Dificultatea constă însă în clasificarea corectă a criteriilor, care poate diferi de la sistem la sistem. De exemplu, o anchetă efectuată în R.F.G. [6], la 60% din consumatorii alimentaţi prin staţii de 110/10 şi 110/20 kV, a înregistrat următoarea ordine de preferinţă a criteriilor (în % din totalul răspunsurilor):

— costul 73%;
— siguranţa 50%;
— gabaritul 35%;
— tipizarea 30%;
— elasticitatea în exploatare 16%.

În condiţiile actuale din ţara noastră, au fost adoptate drept criterii de bază : fiabilitatea, elasticitatea în exploatare şi posibilitatea de tipizare (celelalte criterii — costul, spaţiul ocupat etc. — fiind criterii derivate).

În cele ce urmează se prezintă succint modul în care aceste criterii au fost considerate la analiza diferitelor scheme de staţii, propuse pentru adoptare în perioada următoare.

2. Modul de determinare a indicatorilor de fiabilitate pentru schemele de staţii

Metodele statistico-probabilistice dezvoltate în prezent permit evaluarea calitativă a diferitelor variante de scheme, printr-o analiză sistematică ce ţine seama de comportarea probabilă în timp a ansamblului de elemente componente şi de stările prin care trece schema.

Din acest punct de vedere, analiza fiabilităţii poate juca un rol important în adoptarea unei decizii, cu condiţia ca datele statistice de intrare, referitoare la comportarea în trecut a elementelor constitutive, să fie cît mai reprezentative şi mai corecte.

Metoda utilizată în lucrarea de faţă se bazează pe modelarea printr-un proces stocastic de tip Markov, considerînd elementele componente ale schemelor de calcul dependente din punct de vedere probabilistic. Indicatorii de siguranţă

au fost calculaţi utilizînd programul de calcul SAFETY 64 şi, ca date de intrare, valorile medii ale parametrilor de fiabilitate ai echipamentelor şi liniilor electrice pentru situaţia prezentă din sistem (conform anexelor la normativul PE 013/79).

În vederea departajării mai clare, din punctul de vedere al fiabilităţii, pentru schemele mai complexe de staţii, indicatorii au fost determinaţi considerînd şi situaţiile de suprapunere a unor incidente cu perioada de revizie planifi-

	SCHEMA	Denumirea si caracteristici principale	număr circuite n	număr întreruptoare	număr întreruptoare / circuit	numar separatoare	separator sarcină	Indicatori de siguranţă
SCHEME ECONOMICE	27	triunghi extins	5	n-2	0,6	2,2n	2	tabelul 2
	28	pătrat extins	6	n-2	0,67	2,33n.	2	-"-
	29	bară simplă secţionată 1 CL	6	n-1	0,84	2n	2	-"-
SCHEME REALIZABILE CU APARATAJ EXISTENT	TIP 30	bare duble 1 CTv	6 8 10 12	n+1	1,2...1,15	3n+2	-	-"-
	TIP 31	bare duble 1 CC (L+Tv)	6 8 10 12	n+1	1,17...1,13	3n+4	-	-"-
	TIP 32	bare duble 1 CTv 1 CC (L+Tv)	8 10 12 14	n+2	1,25... 1,22	3n+6	-	-"-
	TIP 33	bare duble secţionate 2 CTv 1 CL	4 6 8 10 12	n+3	1,28... 1,23	3n+6	-	-"-
	TIP 34	bare duble + bară de transfer 1 CTv 1 CTf		n+2	1,25... 1,20	4n+5	-	-"-

Fig. 1. Scheme studiate pentru staţiile de 110—220 kV cu funcţii multiple.

TIP — schemă tipizată; *CL* — cuplă longitudinală; *CC* — cuplă combinată; *CTv* — cuplă transversală; *CTf* — cuplă transfer.

cată a unor elemente din sistem (tabelul 1). Astfel de situații se rezolvă de regulă prin manevră (în caz de strictă necesitate s-a presupus că se întrerupe revizia, iar durata de revenire în astfel de cazuri este de 1—4 ore).

Rezultatele calculelor de fiabilitate pentru unele scheme uzuale de stații de 110 și 400 kV, prezentate în figurile 1 și 2, sînt date în tabelul 2. S-au determinat, ca cifre semnificative, numărul și durata întreruperilor urmate de reparații pentru un circuit, precum și întreruperile de manevră care pot afecta :

- 1 circuit — 50% din circuite
- 2 circuite simultan — 66% din circuite
- 33% din circuite — 100% din circuite

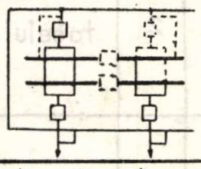
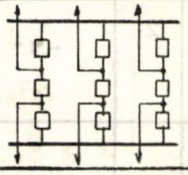
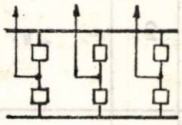
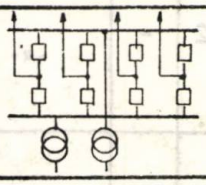
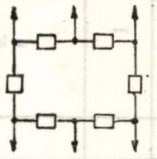
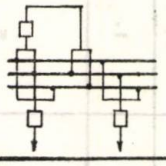
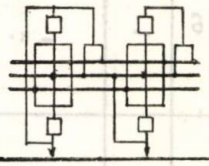
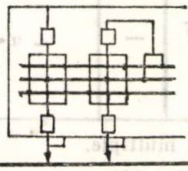
Nr crt	SCHEMA	Denumirea și caracteristici principale	număr circuite n	număr întreruptoare	număr întreruptoare / circuit	număr separatoare	elasticitate	indicatori de siguranță
35		bare duble si transfer cu: 1) C.C. 2) CTv + CTf 3) 2 CC + CL 4) 2CL+2CTv+2CTf	4 6 8 10	n+1 n+2 n+3 n+6	1,25 1,33 1,37 1,6	4,8 n 4,83n 5,25n 5,4 n	4	tabelul 2
36		1,5 întreruptoare pe circuit.	8 10 12	1,5 n	1,5	4n	2	— " —
37		2 întreruptoare pe circuit	8	2n	2	5n	3	— " —
38		bară transformator	6 10	2(n-2)	1,33 1,6	3,7n 4,2 n	2	— " —
39		poligon	6	n	1	3n	2	— " —
40		bare triple 2 CTv	9 12	n+1	1,17 1,12	4,65n 4,5 n	3	— " —
41		bare triple una cu rol de transfer 2 C C	9 12	n+2	1,2	6,1n	4	— " —
42		bare triple si transfer CTv CTf	9 12	n+2	1,2	5,9 n	5	— " —

Fig. 2. Scheme studiate pentru stații de 400 kV cu funcții multiple.

Tabelul 1

Durata de revizie planificată considerată pentru elementele de rețea

Nr. crt.	Denumirea	Durata medie de revizie (ore/an)
1	Transformatoare și AT	96
2	Celule de exterior de 110 kV	24
3	Celule de exterior de 220–400 kV	30
4	LEA 110 kV	26
5	LEA 220–400 kV	45

Surse: 1,2,3, — conf. Normativului tehnic de reparații a echipamentelor energetice, PE 016–2/77; 4,5 — conf. datelor din [5]

Pentru simplificare, în tabelul 2 întreruperile de manevră au fost prezentate ca un număr echivalent, raportat la un circuit. Se constată că acest număr crește cu numărul conexiunilor unei stații.

Din calculele efectuate rezultă următoarele observații:

1. Elementul care determină în cea mai mare măsură fiabilitatea unei scheme este întreruptorul. În schemele în care întreruptoarele de linii sînt rezervate activ sau semiactiv (prin cupla de transfer), numărul și durata refuzurilor urmate de reparații se reduc în mod esențial.

2. Refuzurile pentru reparații pe un circuit sînt de circa 3 ori mai numeroase în schemele cu 1,5 întreruptoare pe circuit decît în schemele cu bare colectoare, fapt cauzat de interdependența strînsă între perechile de circuite.

3. Numărul întreruperilor de manevră este influențat în special de refuzurile de întreruptoare (un refuz de cuplă, de exemplu, conduce la întrerupere de manevră pentru toate circuitele unei stații cu bare duble și circuitele repartizate pe cele două sisteme de bare). Așa cum era de așteptat, numărul cel mai redus de refuzuri de manevră se înregistrează la schemele poligon, cu 1,5 și 2 întreruptoare pe circuit. La schemele cu bare colectoare, secționarea longitudinală a barelor are un efect favorabil asupra limitării efectelor acționării incorecte a întreruptoarelor.

3. Elasticitatea în exploatare

Prin elasticitate în exploatare se înțelege, de regulă:

a) posibilitatea de asociere a circuitelor care converg în stație, după necesitățile variabile ale exploatării atît în regim normal, cît și în regim degradat (indisponibilitatea unei bare);

b) posibilitatea de revizie a întreruptoarelor și a altor elemente fără întreruperea funcțiunilor stației;

c) simplitatea manevrelor astfel încît să se reducă la minimum greșelile personalului;

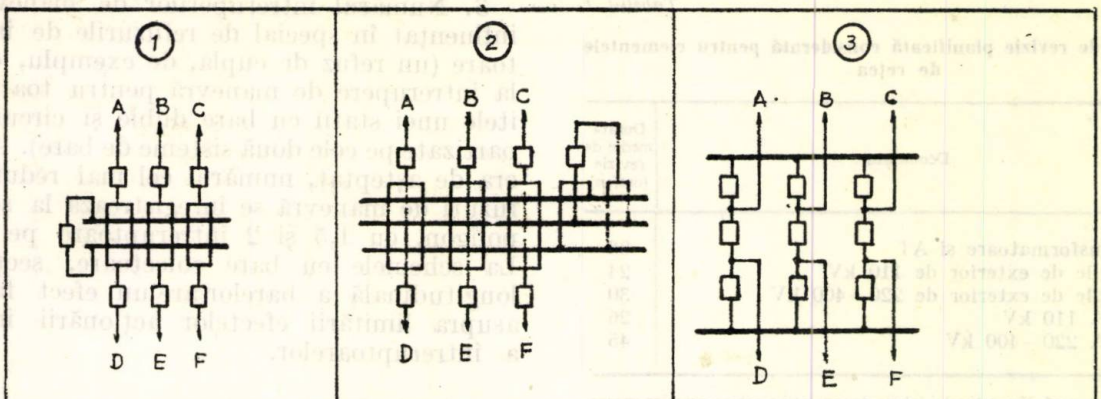
d) posibilitățile de extindere și etapizare.

Pentru a caracteriza cerința de la punctul a), se poate proceda la enumerarea tuturor asociațiilor de grupări complementare care se pot realiza într-o schemă. De exemplu, în figura 3 sînt prezentate grupările posibile a șase circuite, notate *A B C D E F*, în trei scheme uzuale.

Tabelul 2

Indicatorii de siguranță pentru schemele de stații din figurile 1 și 2 (valori medii anuale)

Nr. crt.	Schema Caracteristici	Întreruperi urmate de reparație pe un circuit		Întreruperi de manevră (echivalente pe 1 circuit) pentru un număr de circuite *n* de...				
		nr.	durata (ore)	6	8	10	12	14
	Stații de 110 kV							
27	triunghi extins	0,4	7,64	2,48	—	—	—	—
28	pătrat extins	0,4	7,64	2,48	—	—	—	—
29	BS.S — 1CL	0,78	23.34	0,6	—	—	—	—
30	BD — 1CTV	0,204	3,8	1,05	1,77	2,66	3,82	5,17
31	BD — 1CC	0,204	3,8	1,04	1,75	2,63	3,78	5,12
32	BD–1CTv + 1CC	0,204	3,8	0,85	1,47	1,86	2,79	3,95
33	BD — 2CTv + 1 CL	0,204	3,8	—	0,51	0,78	1,05	1,42
34	BD + T — 2C	0,004	0,08	1,22	1,90	2,72	3,78	5,01
	Stații de 400 kV							
35	1) BD + T 1 CC	0,01	0,107	1,53	2,47	3,62	5,04	—
	2) BD + T 2 cuple	0,01	0,107	1,49	2,37	3,45	4,80	—
	3) BD + T 3 cuple	0,01	1,107	1,22	1,78	2,63	3,46	—
	4) BD + T 6 cuple	0,01	0,107	0,23	1,46	2,10	2,75	—
36	1,5 intr./circuit	0,031	0,107	0,60	0,77	0,96	1,14	—
37	2 intr./circuit	0,031	0,32	0,08	0,08	—	—	—
38	bară-trafo	0,031	0,32	0,4	—	0,66	—	—
39	hexagon	0,031	0,32	0,53	—	—	—	—
40	bare triple (2C)	0,23	4,22	—	—	1,95	3,24	—
41	bare triple, una cu rol de transfer	0,01	0,107	—	—	2,19	3,51	—
42	BT + T (3c)	0,01	0,107	—	—	2,09	3,47	—



Tipul combinațiilor	Relația	nr	Tipul combinațiilor	Relația	nr.	Tipul combinațiilor	nr. a	nr. b
REGIM NORMAL								
3 + 3	C_6^3	20	3 + 3	C_6^3	20	3 + 3	1	6
2 + 4	C_6^2	15	2 + 4	C_6^2	15	2 + 4	–	6
			2 + 2 + 2	C_6^2	15	2 + 2 + 2	–	7
TOTAL		35			50		20	
REGIM DEGRADAT (o bară indisponibilă)								
		–	3 + 3	C_6^3	20	4 + 2	–	3
		–	2 + 4	C_6^2	15	2 + 2 + 2	–	1
TOTAL		–			35			4

① bare colectoare duble
② bare colectoare triple
③ 1,5 întreruptoare pe circuit
a) realizabile cu 1 întreruptor pe circuit.
b) realizabile cu 1 întreruptor pe 2 circuite

Fig. 3. Asocieri de circuite în diferite scheme.
Notă. **Combinațiile cu un circuit pe o bară nu prezintă importanță.**

Problema care se pune, în special pentru stațiile importante de interconexiune, este dificultatea determinării apriorice a asociațiilor necesare. Uneori este mai ușor să se enumere grupările interzise sau restrictive, dar aceste condiții se modifică adeseori în timp.

Unii autori [4] consideră elasticitatea în exploatare ca element determinant pentru alegerea schemelor stațiilor de interconexiune cu multe plecări, care au rol de „placă turnantă" în sistem, în special în cazurile în care asociațiile necesare de circuite se modifică, în mod conjunctural, după necesitățile multiple de orientare a tranzitului în funcție de regim. În schimb, în anumite stații cu număr mai redus de conexiuni, se poate înregistra un tranzit permanent și bine determinat, dinspre zonele de producție spre zonele deficitare. Dat fiind caracterul indispensabil al unui astfel de tranzit (cerințe deosebite de stabilitate etc.), stațiile de acest tip trebuie să aibă un grad ridicat de disponibilitate, siguranța primînd asupra elasticității.

Prin urmare, elasticitatea și siguranța care trebuie acordate unei scheme sînt în directă legătură cu funcțiile asumate de circuitele conectate.

În acest sens, este recomandabil ca alegerea tipului de schemă să se facă numai după ce structura de rețea din zona respectivă a fost pe deplin determinată, ținînd seama de perspectiva de dezvoltare pe o perioadă de 15 ani.

Amplasarea unei staţii într-o zonă cu reţeaua insuficient precizată poate duce la soluţii neraţionale şi exagerări fie într-un sens, fie în altul (schemă bogată, din exces de prudenţă, sau schemă rigidă, din convingerea că reţeaua nu se mai dezvoltă).

La acest punct trebuie menţionat faptul că rolul reţelelor de 110 şi chiar de 220 kV se modifică esenţial în SEN, în următorii ani ele devenind reţele cu rol accentuat de distribuţie. Astfel, numărul staţiilor de 110 kV va creşte cu circa 200—250 în următorul cincinal, iar distanţa medie între staţii se va reduce la 20—25 km, fapt care pune acut problema simplificării schemelor acestor staţii, în directă legătură cu funcţia reţelei de 110 kV.

4. Implicaţiile tipizării elementelor de staţii

Pe lîngă avantajele importante asigurate de tipizarea proiectării staţiilor de foarte înaltă tensiune, menţionate în [8], aplicarea unui număr mai redus de scheme conduce la efecte importante prin creşterea productivităţii muncii la lucările de construcţii-montaj şi la întreprinderile producătoare de componente de staţii (elemente constructive, suporţi, rigle, stîlpi, fundaţii, precum şi la panouri de comandă, protecţie etc.). În acelaşi timp, utilizarea unui număr redus de module trebuie să asigure elasticitatea necesară a staţiei în funcţie de necesităţi, adică să permită trecerea de la o schemă de conexiuni simplă la una complexă. În această privinţă, bazat şi pe experienţa acumulată pînă în prezent, s-a dat preferinţă schemelor cu bare colectoare, ale căror subansambluri se pretează cel mai bine pentru tipizare.

5. Scheme-tip propuse pentru staţiile de 110, 220 şi 400 kV

Ţinînd seama de cerinţele expuse mai sus, în [7] s-a propus adoptarea următoarelor tipuri de schemă pentru staţiile de foarte înaltă tensiune care urmează a fi realizate în SEN în perioada următoare :

La 110 kV (200—250 staţii în cincinal)

A) Staţiile de distribuţie cu profil limitat, la maximum două linii şi două transformatoare, se vor realiza în funcţie de modul de racordare la reţea, astfel :

— ca staţii de racord adînc, fără aparate de comutaţie, în cazul alimentării radiale dintr-o staţie nodală de reţea :

— ca staţii de tip H, în cazul înserierii staţiei într-o buclă a reţelei de 110 kV.

B) Staţiile cu funcţii multiple se vor realiza cu bare colectoare duble, putînd fi etapizate ca staţii cu un sistem de bare. În funcţie de numărul circuitelor racordate şi necesitatea separării unor consumatori, se procedează la secţionarea longitudinală a unuia sau a ambelor sisteme de bare.

Toate tipurile de staţii vor putea fi realizate cu două module de celule : celula de linie şi celula de cuplă.

La 400 kV (12—15 staţii în cincinal).

Staţiile cu $n \leqslant 8$ circuite se vor realiza după schema cu bară dublă şi transfer cu două cuple, una transversală şi una de transfer. În etapele intermediare, cu $n<5$ circuite, se va instala o singură cuplă mixtă.

Staţiile importante de tranzit, care în etapa finală pot avea mai mult de opt circuite, se vor realiza cu trei sisteme de bare colectoare şi bară de transfer, cu etapizări convenabile şi utilizînd, în mare măsură, modulul de celule de la staţiile cu bare duble şi transfer.

Pentru staţiile de evacuare ale centralelor de mare putere ($P_i > 1000$ MW), alegerea schemei se va face prin analiza tehnico-economică comparativă între schemele cu bare colectoare şi schema cu 1,5 întreruptoare pe circuit.

În ceea ce priveşte reţeaua de 220 kV, dezvoltarea acesteia va fi destul de limitată în perspectivă. Pentru cele 4—5 staţii care se preconizează în următorul cincinal, se va utiliza schema cu bare colectoare duble, cu etapizări convenabile.

Concluzii

După o succintă prezentare a criteriilor generale de alegere a schemelor, în lucrare se arată criteriile de bază adoptate în prezent în ţara noastră, precum şi caracteristicile de siguranţă ale schemelor de staţii de 110—400 kV propuse pentru adoptarea în perioada următoare de dezvoltare a SEN.

Schemele prezentate sînt perfectibile în viitor în special pentru staţiile de 110 kV, prin utilizarea unor aparataje de protecţie şi comutaţie, care ar permite eliminarea întreruptoarelor de putere în unele staţii de distribuţie (separatoare de sarcină, siguranţe fuzibile, protecţie prin canale de înaltă frecvenţă).

Bibliografie

[1] Cernogubovski, Z. P. *Glavnie shemi elektriceskih soedinenii zarubejnih AES i ih sveazi s energosistemam.* În : Energohozeaistvo za rubejom, nr. 4, 1978.

[2] Lisovski, G. S. *Tipovie reşeniia dlea podstanţii 110—380 kV s uproşcenimi shemami na storone vîşşevo napriajeniia v GDR.* In : Energohozeaistvo za rubejom, nr. 4, 1978.

[3] Bliskov, G. *Sovremennii tendenţii pri proektiraneto izgrajdaneto na elektriceskie podstanţii elektroprovadite.* In : Energhetika (R.P.B.), nr. 4—5, 1978.

[4] Miegroet, W. *Les schémas des sous-stations des réseaux électriques. Variantes, critères de choix et méthodes d'analyse.* In : Bull. SRBE, Belgia, nr. 1, 1974.

[5] Lisovski, G. S. şi Heifeţ, M. E. *Glavnie shemi i elektrotehniceskoe oborudovanie podstanţii 35—750 kV.* Ed. Energhiia, Moscova, 1977.

[6] Elektrische Energie und Technik, 23, nr. 30, 1978.

[7] * * * M.E.E. *Instrucţiuni privind alegerea schemelor de conexiuni ale staţiilor de 110, 220 şi 400 kV* — PE 133/1979 (propunere).

[8] Deleanu, M. ş.a. *Evoluţia conceptului de tipizare a staţiilor electrice de FIT proiectate de ISPE.* Referat la sesiunea „Contribuţii ISPE—ISPH la revoluţia tehnico-ştiinţifică în energetica R.S.R.", Bucureşti, mai 1979.

Îmbunătățirea schemelor de protecție și reglaj automat aferente blocurilor de 125 MW

Ing. T. Angelescu și ing. A. Mazăre
— IEC București —

În vederea măririi siguranței în funcționare a blocurilor de 125 MW, s-au realizat, în cadrul laboratoarelor AMC de la centralele București-Sud și București-Vest, o serie de modificări în circuitele de protecție și automatizare.

Astfel, sînt schemele de la reglajul de tiraj și aer, care prezintă un element nou, în sensul introducerii unui regulator bipoziţional tip ELX 176, modificat pentru a realiza funcția unui distribuitor de semnal de genul PLKP, montat în schemele proiectate în U.R.S.S.

Introducerea acestui aparat a fost impusă de necesitatea simultaneității deschiderii clapetelor de reglaj de pe canalele de aer și gaze de ardere, ceea ce a permis încărcarea echilibrată a ventilatoarelor de aer și gaze de ardere.

De asemenea, tot în aceste scheme a fost necesar ca să se introducă o reacție de la poziția șibărului, în locul semnalului de la debitul de aer sau de ardere, care are o sensibilitate redusă.

Schema de reglaj al nivelului în tambur s-a realizat tot cu un regulator bipoziţional tip ELX 176 modificat, care distribuie comanda regulatorului la cele trei cuple hidraulice

Reglajul se face prin cuplele hidraulice, care au înlocuit ventilul de reglaj pe conducta de alimentare a cazanului; prin această modificare se realizează o încărcare echilibrată a cuplelor și se elimină pierderile de presiune în ventilul de reglaj.

La CET București-Vest comanda pentru schimbarea reglajului pe cuplele în funcțiune, cunoscînd că sînt necesare în funcționare trei cuple, se realizează automat printr-o schemă realizată cu elemente de maxim și minim, care, funcție de starea cuplei hidraulice, comută reglajul.

Bucla de reglaj a sarcinii cazanului introduce un element nou — impuls de anticipare de la presiunea după treapta de reglare, de la turbină.

Modificările aduse în această buclă urmăresc să mărească siguranța de funcționare și să realizeze un reglaj optim pe cei doi combustibili cu care funcționează cazanul

Reglajul temperaturii aburului supraîncălzit s-a realizat cu o buclă cu un singur regulator, care primește impuls de la ieșire din cazan și după injecția I.

Reglajul în cascadă, proiectat de ISPE, nu a dat rezultate în funcționare, cel prezentat în figură fiind un reglaj optim, care poate menține temperatura la ieșire din cazan la variații de sarcină cuprinse în gama 60—100% din sarcina nominală.

Reglajul stațiilor de by-pass de IP și JP s-a modificat de pe partea stîngă și dreaptă; de asemenea, același regulator comandă pas cu pas reglajul injecției la IP și deschide complet injecția la JP, cînd ventilele de la reglajul de presiune s-au deschis 5% (fig. 5 și 6).

Modificările din schemele de protecție au urmărit să elimine posibilitatea unor declanșări false. În acest sens, o serie de protecții, cum sînt „Nivel minim degazor", „Temperatură scăzută", „Abur viu TA" și altele, și-au dublat aparatele, realizînd o selectivitate a impulsurilor.

O altă problemă o constituie regulatoarele bipoziționale tip ELX 176, care, introduse în schemele de protecție proiectate de ISPE, au condus la acționări false în situația unor șocuri de tensiune sau cînd a lucrat AAR.

În această situație s-a luat măsura înlocuirii cu indicatoare sau înregistratoare. Un caz deosebit l-a constituit protecția de „Temperatură crescută lagăre TA", care, în schema inițială, fiind montată pe un aparat X74, a condus la multe declanșări false, datorită nesiguranței de funcționare a aparatului X74. Inițial s-a introdus un singur contact pe înregistrator, care conducea la declanșarea blocului la depășirea valorii de 90°C.

Deoarece în exploatare au apărut situații de declanșare falsă, datorită întreruperii termorezistențelor montate în lagăre, s-a luat măsura de a se dubla contactul din protecție, montat pe înregistrator, cu un contact al unui aparat indicator care primește impuls de la o serie de termorezistențe, ce dublează pe cele cuplate pe înregistratorul ELR 36 A.12.

Sincronizarea impulsului la cele două aparate se realizează cu ajutorul aparatului X74 existent în vechea schemă, care s-a modificat pentru a realiza distribuirea semnalelor la aparatul indicator, montat suplimentar.

Tot pe linia creșterii siguranței în funcționare a fost realizată, la CET București-Vest, o schemă de selecție a primului impuls de protecție, fiind controlate ieșirile cartelelor de protecție și releele de acționare a elementelor finale (VIR, acceleratoare, clapetă de gaz, declanșare arzătoare).

Schema inițială dată de proiectantul sistemului, VUAP (R.S.C.) controla numai intrarea în cartele.

Toate aceste modificări au condus la creșterea siguranței în funcționare și la îmbunătățirea caracteristicilor buclelor de reglaj.

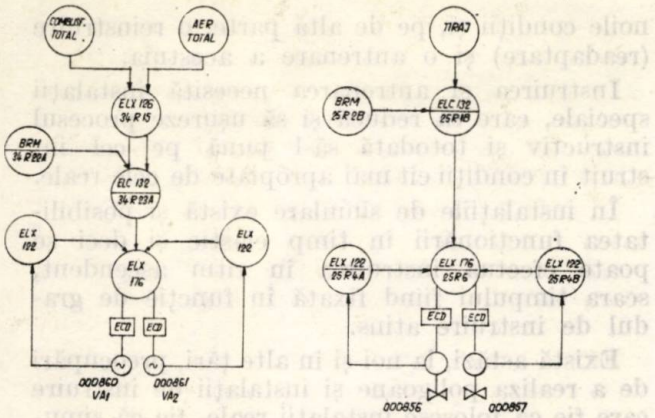


Fig. 1. Reglaj debit aer și tiraj.

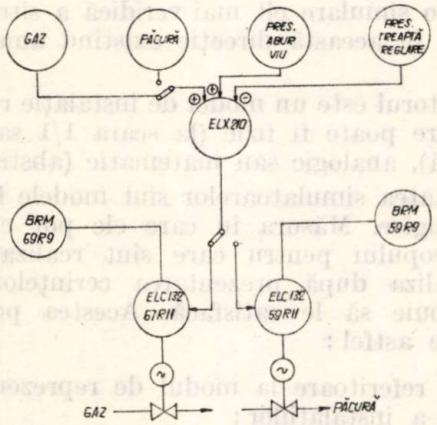


Fig. 2. Reglaj presiune abur viu.

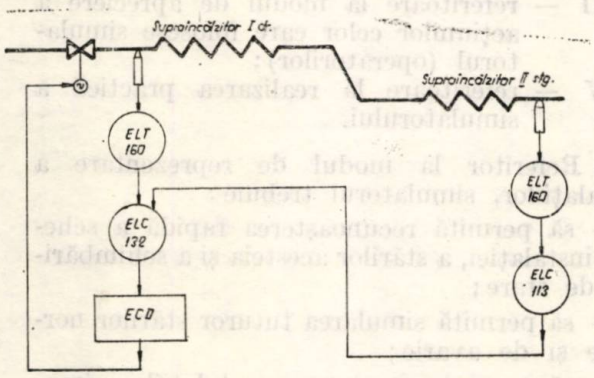


Fig. 3. Injecția I 100% dreapta.

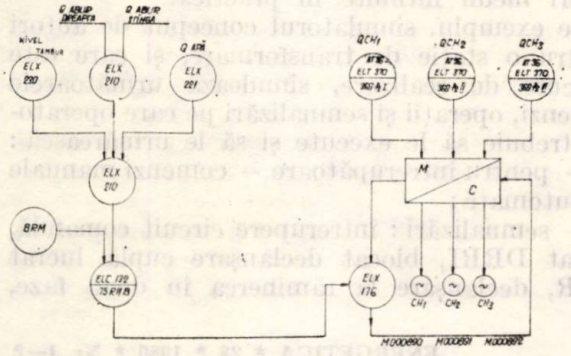
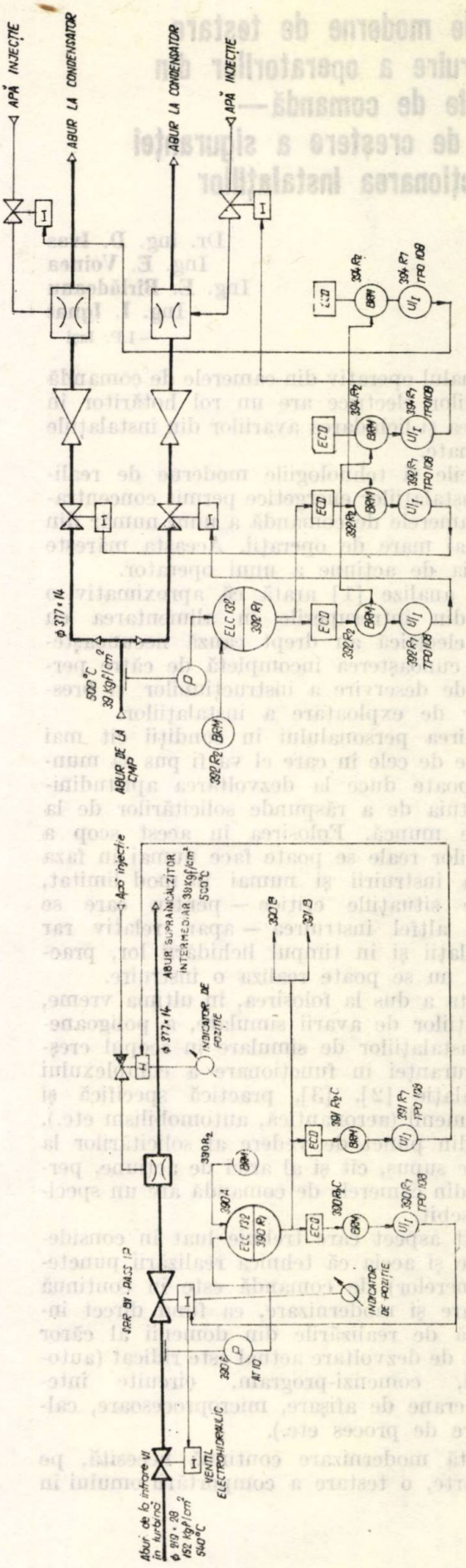


Fig. 4. Reglaj nivel tambur (cazan nr. 5—6).


APĂ INJECȚIE
ABUR LA CONDENSATOR
ABUR LA CONDENSATOR
APĂ INJECȚIE
I
ECD
BRM
ELC 132 332 R1
ELC 132 390 R1
ELC 132
ELT 160
ELC 113
ELX 210
ELX 220
ELX 221
ELX 176
ELX 192
ELX 122
ELX 126
ELC 132 25 R18
ELC 132 61 R11
ELC 132 59 R11
ELC 132 34 R13A
ELX 192
ELX 176
ELX 122 25 R6A
ELX 176 25 R6
ELX 122 25 R6B
ELX 122
BRM 59 R9
BRM 34 R28A
BRM 25 R28
BRM 59 R9
ELC 132 34 R15
ELX 192
ELX 192
ELX 176
ELX 122 25 R6A
ELX 176 25 R6
ELX 122 25 R6B
ECD
000860 VA1
000861 VA2
000856
000857
ECD
ECD
ECD

Tehnicile moderne de testare și instruire a operatorilor din camerele de comandă — mijloc de creștere a siguranței în funcționarea instalațiilor

Dr. ing. **D. Ivas**
Ing. **E. Voinea**
Ing. **E. Bîrlădeanu**
Ing. **I. Ignat**
—I.P. Iași—

Personalul operativ din camerele de comandă ale stațiilor electrice are un rol hotărîtor în prevenirea și lichidarea avariilor din instalațiile subordonate.

Tehnicile și tehnologiile moderne de realizare a instalațiilor energetice permit concentrarea în camerele de comandă a unui număr din în ce mai mare de operații. Aceasta mărește mult aria de acțiune a unui operator.

Unele analize [1] arată că aproximativ o treime din întreruperile în alimentarea cu energie electrică au drept cauză necunoașterea sau cunoașterea incompletă de către personalul de deservire a instrucțiunilor și prescripțiilor de exploatare a instalațiilor.

Instruirea personalului în condiții cît mai apropiate de cele în care el va fi pus să muncească poate duce la dezvoltarea aptitudinilor acestuia de a răspunde solicitărilor de la locul de muncă. Folosirea în acest scop a instalațiilor reale se poate face numai în faza finală a instruirii și numai în mod limitat, deoarece situațiile critice — pentru care se face de altfel instruirea — apar relativ rar în instalații și în timpul lichidării lor, practic, nici nu se poate realiza o instruire.

Aceasta a dus la folosirea, în ultima vreme, a exercițiilor de avarii simulate, a poligoanelor și instalațiilor de simulare în scopul creșterii siguranței în funcționare a complexului om-instalație [2], [3], practică specifică și altor domenii (aeronautică, automobilism etc.).

Atît din punct de vedere al solicitărilor la care este supus, cît și al ariei de acțiune, personalul din camerele de comandă are un specific deosebit.

Un alt aspect care trebuie luat în considerare este și acela că tehnica realizării punctelor (camerelor) de comandă este în continuă dezvoltare și modernizare, ea fiind direct influențată de realizările din domenii al căror gradient de dezvoltare actual este ridicat (automatizări, comenzi-program, circuite integrate, ecrane de afișare, microprocesoare, calculatoare de proces etc.).

Această modernizare continuă necesită, pe de o parte, o testare a comportării omului în noile condiții și, pe de altă parte, o reinstruire (readaptare) și o antrenare a acestuia.

Instruirea și antrenarea necesită instalații speciale, care să reducă și să ușureze procesul instructiv și totodată să-l pună pe cel instruit în condiții cît mai apropiate de cele reale.

În instalațiile de simulare există și posibilitatea funcționării în timp elastic și deci se poate efectua instruirea în ritm ascendent, scara timpului fiind fixată în funcție de gradul de instruire atins.

Există astăzi, la noi și în alte țări, preocupări de a realiza poligoane și instalații de instruire care fie că folosesc instalații reale, fie că simulează comportarea instalațiilor reale într-o cameră de comandă [1], [4], [5].

În cel de-al doilea caz este necesar să se realizeze o simulare cît mai veridică a situațiilor reale, în această direcție existînd anumite limite.

Simulatorul este un model de instalație reală, model care poate fi fizic (la scara 1/1 sau la altă scară), analogic sau matematic (abstract).

Majoritatea simulatoarelor sînt modele fizice sau analogice. Măsura în care ele pot corespunde scopului pentru care sînt realizate o vom analiza după prezentarea cerințelor pe care trebuie să le satisfacă. Acestea pot fi clasificate astfel:

I — referitoare la modul de reprezentare a instalațiilor;
II — referitoare la acțiunile posibile asupra instalațiilor;
III — referitoare la modul de apreciere a acțiunilor celor care folosesc simulatorul (operatorilor);
IV — referitoare la realizarea practică a simulatorului.

I. Referitor la modul de reprezentare a instalațiilor, simulatorul trebuie:

— să permită recunoașterea rapidă a schemei instalației, a stărilor acesteia și a schimbărilor de stare;

— să permită simularea tuturor stărilor normale și de avarie;

— să respecte anvergura instalațiilor simulate;

— mărimile reprezentate să corespundă unor valori medii întîlnite în practică.

De exemplu, simulatorul conceput de autori pentru o stație de transformare, și care este în curs de realizare, simulează următoarele comenzi, operații și semnalizări pe care operatorul trebuie să le execute și să le urmărească:

— pentru întrerupătoare — comenzi manuale și automate;

— semnalizări: întrerupere circuit comandă, lucrat DRRI, blocat declanșare cuplă, lucrat RAR, declanșare la rămînerea în două faze,

suprasarcină, semnal deranjat AAR, lucrat AAR, pregătit AAR, blocat declanşare cuplă;

— pentru separatoare — comenzi manuale;

— pentru transformatoare — lucrat protecţie gaze, există gaze, supratemperatură, releu gaze autoblocat, lucrat protecţie diferenţială, lucrat protecţie maximală;

— pentru linii — lucrat protecţie homopolară, lipsă tensiune protecţie de distanţă, lucrat protecţie maximală, punere la pămînt 20 kV, punere la pămînt c.c., tensiune maximă continuă, tensiune minimă continuă şi lipsă tensiune continuă.

Pentru toate aparatele de comutaţie se semnalizează poziţia în care se află.

II. Referitor la acţiunile permise operatorului, acesta trebuie să poată:

— modifica poziţia aparatelor de comutare;

— modifica poziţia comutatoarelor de ploturi la transformatoare;

— modifica acordul bobinelor de stingere;

— executa unele operaţii de tehnica securităţii sau protecţia muncii (verificarea lipsei de tensiune, luarea măsurilor de protecţie, verificarea stării unor aparate etc.).

III. Aprecierea acţiunilor operatorului poate fi făcută:

— de către instructor (care poate interveni sau nu asupra instalaţiilor, dirijînd procesul de testare-instruire);

— în mod automat, de către instalaţie, cînd se contorizează şi se evaluează erorile comise şi timpul de executare. Criteriile după care se apreciază erorile sînt legate în special de respectarea unei anume succesiuni logice a operaţiilor.

IV. Cerinţele referitoare la executarea simulatorului se referă în special la: manevrabilitate, claritate, cerinţe ergonomice şi de siguranţă în funcţionare.

Toate aceste cerinţe pot fi satisfăcute integral sau parţial, funcţie de schema-bloc care se foloseşte pentru realizarea simulatorului.

Blocurile necesare sînt (conform fig. 1):

1. Modelul fizic al punctului de comandă, care trebuie să creeze pentru operator o ambianţă şi condiţii similare celor de la locul de muncă. Ideal ar fi ca acest bloc să fie realizat chiar sub forma unor camere de comandă clasice.

2. Modelul fizic al instalaţiilor deservite. Acesta este mai greu de simulat. În cazul instalaţiilor de distribuţie interioare, se practică folosirea unor instalaţii reale reduse, iar pentru instalaţiile exterioare se pot folosi doar machete. O serie de operaţii executate în instalaţia reală (de exemplu, echiparea cu echipament de protecţie, verificarea lipsei de tensiune) pot fi simulate prin operaţii similare dacă supravegherea se face de instructor, sau prin apăsarea pe butoane, dacă supravegherea se face automat.

3. Bloc de programare a stărilor iniţiale, a trecerilor în stări de alarmare sau avarie, a succesiunii corecte a operaţiilor etc. Acest bloc comandă succesiunea operaţiilor respective după un ceas propriu, în mod aleatoriu, la cererea instructorului, în funcţie de starea instalaţiei sau de acţiunile operatorului.

4. Bloc de supraveghere a acţiunilor operatorului şi de măsurare a timpilor de efectuare a operaţiilor de către acesta.

5. Bloc de contorizare a erorilor şi de notare.

6. Bloc de deservire care are şi rolul de a permite instructorului să intervină în procesul de instruire sau testare.

Combinarea acestor blocuri se poate face după una din schemele prezentate în figura 1 *a*, *b*, *c*, *d*.

În figura 1 *a* se prezintă schema-bloc a unei instalaţii în care instructorul *I* are atît funcţiile

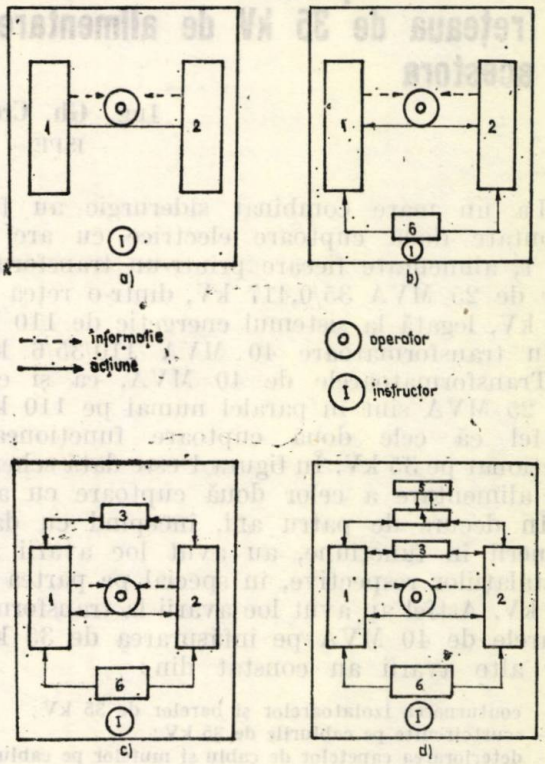


Fig. 1

de conducere a procesului de testare-instruire, cît şi cele de verificare şi apreciere a rezultatelor. El poate avea posibilitatea să programeze stările instalaţiei prin intermediul blocului 6, ca în figura 1 *b*.

Această programare poate fi preluată de un bloc special (*3*) (fig. 1 *c*); în figura 1 *d* este preluată şi funcţia de apreciere de către blocurile *4* şi *5*.

Concluzii

Creşterea continuă a complexităţii instalaţiilor energetice şi dinamica dezvoltării tehnicilor folosite la conducerea lor operativă impun

folosirea de noi metode și mijloace de instruire a operatorilor. Aceste mijloace trebuie să îndeplinească numeroase condiții, adesea contradictorii.

La noi în țară există preocupări în această direcție [2], [3], [5] care trebuie susținute și perfecționate continuu.

Bibliografie

[1] Walter, Chr., Mehlig, H. și Furkert, H. *Aufbau und Arbeitsweise des Kraftwerkstreiners Lübbenau*, În: Energietechnik 18, nr. 7, 1978.

[2] Ivas, D. și Ouatu, Th. *Simulator de manevre pentru o instalație ce folosește tehnica preselecției.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 3, 1974.

[3] Balaurescu, D. *Simulatoare de manevră.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 12, 1972.

[4] Klușin, Iu., Kușelev, Iu., Barikova, N. și Diatlov, V. *Primenenie programmirovanovo obuceniia personala elektrostanții.* În: Elekctriceskie stanții, nr. 2, 1972.

[5] Gavrilă, I. și Drăgan, St. *Utilizarea simulatorului de manevră al IRE Cluj în procesul de perfecționare a personalului.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 12, 1972.

Regimul deformant și supratensiunile produse de cuptoarele electrice cu arc în rețeaua de 35 kV de alimentare a acestora

Ing. **Gh. Crețu**
— ISPE —

La un mare combinat siderurgic au fost montate două cuptoare electrice cu arc de 50 t, alimentate fiecare printr-un transformator de 25 MVA 35/0,417 kV, dintr-o rețea de 35 kV, legată la sistemul energetic de 110 kV prin transformatoare 40 MVA 110/35/6 kV.

Transformatoarele de 40 MVA, ca și cele de 25 MVA sînt în paralel numai pe 110 kV, astfel că cele două cuptoare funcționează secționat pe 35 kV. În figura 1 este dată schema de alimentare a celor două cuptoare cu arc.

În decurs de patru ani, începînd cu data punerii în funcțiune, au avut loc avarii ale instalațiilor respective, în special pe partea de 35 kV. Astfel au avut loc avarii la transformatoarele de 40 MVA pe înfășurarea de 35 kV, iar alte avarii au constat din:

— conturnarea izolatoarelor și barelor de 35 kV;
— scurtcircuite pe cablurile de 35 kV;
— deteriorarea capetelor de cablu și mufelor pe cablurile de 35 kV;
— avarierea trafo 25 MVA 35/0,417 kV.

S-a crezut că aceste avarii se datoresc unor deficiențe de fabricație ale transformatoarelor sau izolației proaste. Întărindu-se izolația pe înfășurările de 35 kV ale transformatoarelor, avariile au continuat pe cabluri sau la barele de 35 kV. De asemenea s-a emis și ipoteza unor fenomene de rezonanță, avînd în vedere lungimea cablurilor de 35 kV, de circa 800 m.

În 1975, prin cercetări, probe și măsurători făcute de ISPE, s-a încercat elucidarea cauzelor care au produs aceste avarii. Probele și măsurătorile au constat din:

— măsurarea șocurilor date de cele două cuptoare;
— determinarea regimului deformant produs de cuptoare;
— efectuarea a sute de comutații cu cele două cuptoare, prin deconectarea și reconectarea acestora (pe 110 și 35 kV), în diferite situații de elaborare a șarjelor, cu 1, 2 sau 3 electrozi în scurtcircuit.

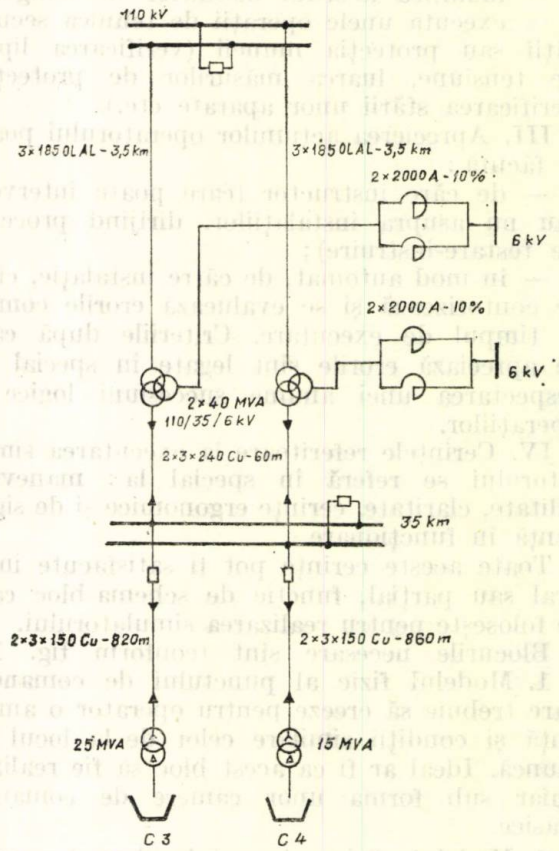


Fig. 1. Schema de alimentare a cuptoarelor electrice cu arc de 50 t.

1. Șocurile produse de cuptoarele electrice cu arc de 50 t

Cuptoarele electrice cu arc produc șocuri de putere activă și reactivă, prin șoc înțelegîn-

du-se variaţia puterii active şi reactive într-un timp foarte scurt.

Valoarea medie a puterii active absorbite de un cuptor de 50 t cu trafo 25 MVA, în timpul topirii, este de circa 16—18 MW, iar şocurile variază în jurul acestei puteri medii de la 10 MW pînă la 20 MW; deci şocurile sînt de maximum 10 MW, iar cele mai frecvente sînt de 6—8 MW.

Şocurile de putere reactivă în timpul topirii sînt de 8—10 MVar, iar valoarea medie a puterii reactive absorbite de un cuptor de 50 t este de circa 8—10 MVar.

Frecvenţa şocurilor de putere activă este de 50—60 şocuri/minut, iar a şocurilor de putere reactivă de 60—70 şocuri/minut. Durata şocurilor este de 0,1—0,2 s, iar panta de creştere şi descreştere a şocurilor de circa 100 MW (MVar)/s. Şocurile de putere reactivă produc variaţii de tensiune, iar şocurile de putere activă se repartizează pe maşinile sincrone locale şi sistem în raport cu puterile sincronizante ale acestora.

2. Regimul deformant produs de cuptoarele electrice cu arc de 50 t

Cuptoarele electrice cu arc sînt generatoare de curenţi armonici. Conţinutul în armonici al curenţilor generaţi de cuptoarele electrice este funcţie de tensiunea arcului, de rezistenţa şi reactanţa arcului şi elementelor înseriate în circuitul de alimentare. Încărcarea nesimetrică a celor trei faze, ca şi variaţia rezistenţei arcului, conduc la un curent de armonică de ordin 3 destul de important.

Caracteristica generatorului echivalent al barei de 35 kV indică o putere de scurtcircuit pe fundamentală relativ mică (220—260 MVA) şi impedanţe pe diferite armonici de valori ridicate.

Măsurătorile efectuate scot în evidenţă că aceste impedanţe au o variaţie neliniară cu ordinul armonicii.

Astfel se remarcă impedanţe între 20 şi 40 Ω pe armonica 2, de 30—60 Ω pe armonica 3 şi de 30—50 Ω pe armonica 5. Cele mai mari valori sînt pe armonica 11, după care ele descresc.

Analiza armonică efectuată pe 215 curbe de curent şi tensiune după metodele cunoscute în literatură (descompunerea în serie Fourier), corelate cu rezultatele direct obţinute prin analizoarele de armonici, arată că un cuptor electric cu arc de 50 t produce curenţi armonici diferiţi de la un moment la altul şi în general importanţi ca valoare (fig. 2).

Din analizele efectuate se pot trage următoarele concluzii:

— fără cuptoarele electrice în funcţiune, coeficientul de distorsiune al curbei de tensiune este cuprins între 1,5% şi 4%, cele mai importante armonici de tensiune sînt cele de ordinul 3 şi 5;

— în perioada de topire, cu două cuptoare pe acelaşi trafo de 40 MVA, coeficientul de distorsiune al curbei de tensiune variază între 10 şi 18,2%, iar principalele armonici de tensiune sînt cele de ordinul 2 (8—10%), de ordinul 3 (3—6%), de ordinul 5 (1,5—6%) şi de ordinul 7 (1—2%);

— în perioada de topire, cu un cuptor pe barele de 35 kV (pe un trafo), coeficientul de distorsiune al curbei de tensiune ajunge între 8 şi 11,8%, armonicile de tensiune cele mai importante fiind cele de ordinul 2 (6%), 3 (5%), 5 (2—3%), 7, 8, 9, 11, 13 cu valori între 1 şi 2%;

— curenţii armonici produşi de cuptoarele electrice au o distorsiune importantă, ajungînd în perioada de topire la $\delta = 37\%$, armonicile de curent fiind de ordinul 2 (33%), 3 (16%), 4 (10%), 5 (9%), 6 (3,3%), 7 (3,1%).

3. Probele efectuate

În afară de măsurătorile de şocuri şi regim deformant s-au efectuat probe de comutaţii:

— ridicarea unui electrod la un cuptor şi deconectarea cuptorului;

— deconectarea cuptoarelor pe partea de 110 kV;

— deconectarea prin acţionarea protecţiei diferenţiale pe 110 şi 35 kV;

— deconectarea cuptoarelor pe 35 kV prin acţionarea protecţiei maximale;

— deconectarea şi reconectarea cuptoarelor după pauza de 1—2 s;

Fig. 2. Curba de curent şi tensiune pe 35 kV în momentul topirii.

— funcţionarea ambelor cuptoare pe acelaşi trafo şi deconectarea unuia sau a ambelor cuptoare;

— funcţionarea unui cuptor sau a ambelor cuptoare pe cele două transformatoare (de 40 MVA) în paralel şi deconectarea acestora;

— introducerea unui electrod în masa cuptorului în timpul funcţionării şi deconectarea prin protecţie a acestuia;

— introducerea a doi electrozi în masa de metal şi cuplarea întrerupătorului pe 35 kV.

Probele efectuate au arătat că în unele situaţii de funcţionare se înregistrează supratensiuni a căror mărime a ajuns pînă la de 2 ori valoarea tensiunii nominale.

Situaţiile în care s-au înregistrat supratensiuni au fost:

— deconectarea prin protecţie a cuptorului;

— deconectarea şi reconectarea după pauza de 1—2 s a întrerupătorului cuptorului;

— introducerea unuia sau a doi electrozi în masa de metal şi deconectarea prin protecţie a cuptorului.

Din cele de mai sus a rezultat că supratensiunile care au avut loc s-au înregistrat numai la acţionarea întrerupătorului pe 35 kV (a cuptorului sau trafo 40 MVA). În figura 3 sînt

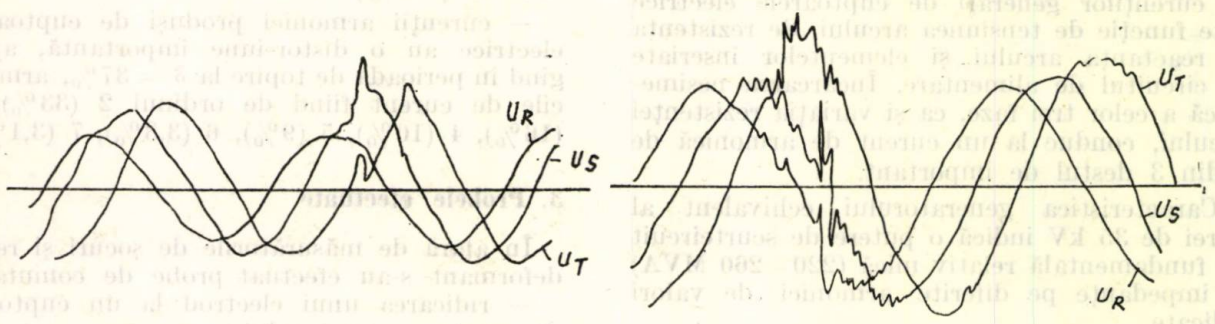


Fig. 3. Tensiunile pe 35 kV (pe cele trei faze) la un cuptor de 50 t în timpul topirii şi în momentul deconectării cuptorului pe 35 kV.

date două situaţii cu supratensiuni la deconectarea cuptoarelor.

În cazul în care sînt două cuptoare pe acelaşi trafo, de 40 MVA, supratensiunile sînt mai mari în timpul acestor comutaţii.

În momentul comutaţiei întrerupătorului cuptorului s-a înregistrat şi o deplasare a punctului neutru cu circa 60%.

S-au efectuat astfel de probe şi măsurători şi la alte două întreprinderi metalurgice, unde sînt cuptoare de aceeaşi mărime, constatîndu-se că supratensiunile care se produc la comutaţia întrerupătoarelor sînt de valoare mică (neglijabilă).

4. Calculul teoretic al supratensiunilor de rezonanţă

S-au analizat supratensiunile care apar în reţeaua de 35 kV în următoarele situaţii:

— în cazul în care se conectează cuptorul în sarcină;

— în cazul în care se deconectează cuptorul în sarcină;

— deplasarea punctului neutru în regim nesimetric de funcţionare.

Din analizele efectuate au rezultat:

— frecvenţa de rezonanţă pe succesiunea directă corespunde unor armonici cuprinse între 32 şi 33 şi numai în anumite situaţii speciale de coincidenţă a parametrilor L, C, R, care practic nu se produc în realitate;

— deplasarea punctului neutru al reţelei de 35 kV poate ajunge la U_n, iar tensiunea pe două faze la 1,73 U_n.

5. Cauzele supratensiunilor

Analizîndu-se cauzele supratensiunilor, pe baza măsurătorilor făcute la mai multe întreprinderi metalurgice, s-a ajuns la concluzia că principala cauză o constituie reaprinderile repetate ale arcului la întrerupătoarele cu aer comprimat la deconectările în sarcină ale cuptoarelor. Aceste supratensiuni, care au o frecvenţă de 1500—1900 Hz, provocate de întrerupătoarele cu aer comprimat, sînt amplificate de deplasarea neutrului trafo 40 MVA 110/35/6 kV.

Mărimea supratensiunilor depinde de o mulţime de factori, cum ar fi:

— caracteristica întrerupătorului cu aer comprimat (viteza de deschidere, conductibilitatea contactelor, caracteristica dielectricului, rezistenţa contactelor, tensiunea de străpungere);

— mărimea iniţială a curentului care trece primul prin zero, după deschiderea contactelor;

— decalajul dintre acest curent şi tensiunea de pe faza respectivă;

— mărimea celorlalţi doi curenţi şi decalajele lor faţă de tensiunea respectivă;

— tensiunea arcului electric din cuptor;

— unghiul de fază, ca fiind raportul dintre tensiunea de aprindere şi tensiunea de ardere a arcului.

Întrerupătoarele cu aer comprimat tip BBC

S-a arătat că principala cauză a defecţiunilor sînt întrerupătoarele cu aer comprimat.

Aceste întrerupătoare, prevăzute cu două camere de stingere, au în paralel cîte o rezistenţă de şuntare cu caracteristică neliniară. Valoarea acestei rezistenţe a fost între 0,2—0,5 MΩ la uzina în cauză şi liniară, de 12 Ω, la alte uzine, unde nu s-au produs astfel de fenomene. Rezistenţele de 0,2—0,5 MΩ se utilizează la întrerupătorul cu aer comprimat, care taie curenţi mici de magnetizare, pentru a nu apărea supratensiuni la deconectarea în gol a transformatoarelor de cuptor.

Aceste supratensiuni produse prin deconectarea în gol a transformatoarelor de cuptor de puteri mai mari (50—60 MVA) sînt cu 20% mai mari decît tensiunea nominală şi deci nu au nici o influenţă dăunătoare.

Pentru tăierea curenţilor mari de sarcină, cum sînt cei absorbiţi de cuptor în timpul topirii şi în situaţiile în care unul sau doi electrozi fac contact direct cu metalul, întrerupătoarele cu aer comprimat trebuie prevăzute cu rezistenţă liniară de valoare mică.

Propuneri

Printre măsurile propuse au fost:

— Schimbarea rezistenţelor neliniare de valoare mare cu altele de valoare mică sau înlocuirea întrerupătoarelor;

— tratarea neutrului reţelei de 35 kV;

— montarea de descărcătoare pe barele de 35 kV;

— desensibilizarea protecţiei maximale (care era reglată la valori mult mai mici: tr. I 1280 A 0″; tr. II 720 A 0,5″, faţă de celelalte cazuri similare, cu reglajul de: tr. I 2240 A 0″; tr. II 1120 A 0,4″, care conduce la multe deconectări ale întrerupătoarelor;

— deconectarea cuptoarelor să se facă numai după ridicarea electrozilor.

Soluţii tehnice aplicate pentru alimentarea cu energie electrică a unui combinat chimic în cazul unor avarii grave în sistemul energetic

Ing. **M. Ciobanu**
Ing. **V. Negoiţă**
—ISPE—

1. Date de bază

Combinatul chimic la care ne referim este alimentat cu energie electrică din sistem prin trei staţii de 110/6 kV, în regim normal de funcţionare fiecare staţie fiind alimentată prin două circuite de linie de 110 kV, unul racordat în staţia 220/110 kV a unei CET şi unul racordat în staţia 220/110 kV din zonă.

Analiza soluţiilor de insularizare-separare a unor grupuri din CET cu consumul combinatului chimic (C.Ch.) s-a făcut luînd în considerare următoarele date de bază:

1.1. *Consumul combinatului*

Etapa	Asigurat în regim normal, MW			Asigurat la insularizare din CET, %
	Din CET	Din zonă	Total	
1978	78	63	141	100
1979	100	80	180	100
1982	130	110	240	100

Se menţionează că o parte din consumatorii C.Ch. (consumatorii alimentaţi din staţiile 1 şi 2) nu suportă goluri de tensiune sau scăderi ale tensiunii sub 65% U_n pentru timpi egali sau mai mari de 3 s.

1.2. *Puterea disponibilă a grupurilor racordate în staţia 110 kV a CET*

Nr. crt.	Regimul de funcţionare	Puterea disponibilă a CET 110 kV, MW
1	Cu toate grupurile în funcţiune	280—310
2	Cu un grup de 50 MW oprit	240—280
3	Cu un grup de 100 MW oprit	200—230
4	Cu două grupuri oprite (50 +100 MW)	160—190

Pentru asigurarea energiei termice este necesar să fie menţinute în funcţiune 2—3 grupuri de 50 MW.

1.3. *Situaţia reţelei de 110 kV de legătură între CET şi staţia 220/110 kV din zonă.* Între staţiile de 110 kV CET şi staţia 220/110 kV din zonă nu există legături directe în 110 kV, necesitatea unor astfel de legături impunînd fie realizarea unor noi linii de 110 kV, fie utilizarea circuitelor existente (în acest caz fiind necesare unele modificări ale actualei scheme normale de funcţionare).

2. Condiţii de asigurare a întregului consum al C.Ch. din CET în caz de insularizare-separare (fig. 1 şi 2)

Analizînd comparativ datele prezentate la pct. 1, se constată:

2.1. Consumul C.Ch. din etapa 1979 poate fi asigurat la limită din CET 110 kV în situa-

ția în care sînt oprite simultan două grupuri, unul de 50 MW și unul de 100 MW, cu condiția insularizării tuturor grupurilor în funcțiune.

În cazul căderii grupului de 100 MW, pentru a evita întreruperea totală a C.Ch. și căderea grupurilor de 50 MW, se impun următoarele măsuri :

— întreruperea liniilor 1 și 2 de legătură cu stația de sistem din zonă ;

— realizarea la C.Ch. a unor instalații de DAS și blocare a AAR pentru limitarea consumului pînă la puterea disponibilă a trei grupuri de 50 MW (88—108 MW).

Se menționează că asigurarea (în etapa 1979), pentru C.Ch., a unui consum de circa 100 MW în cazul unor avarii grave în sistemul energetic conduce la nerealizări de producție (determinate de oprirea motoarelor sincrone mari), la pagube neînsemnate și permite revenirea la situația normală a combinatului într-un timp scurt (4—6 ore).

2.2. Creșterea consumului C.Ch. pînă la 240 MW, avînd în vedere că practic tot timpul anului un grup de 50 MW este oprit pentru efectuarea reviziilor planificate la grupurile de 50 MW, impune insularizarea tuturor grupurilor în funcțiune din stația 110 kV a CET.

În această etapă (1982) este necesar să se reanalizeze situația asigurării întregului consum al C.Ch. din CET, ținîndu-se seama de concluziile studiilor privind separarea instalațiilor de 220 kV (menținerea în funcțiune a stațiilor de 220 kV ale CET și sistem, precum și a grupurilor de 330 MW din CET, care sînt racordate în stația de 220 kV).

3. Determinarea schemei normale de funcționare pentru asigurarea întregului consum al C.Ch.

3.1. *Soluții analizate*

Avînd în vedere că o parte din consumatorii C.Ch. nu suportă goluri sau scăderi ale tensiunii, în cele ce urmează vor fi prezentate soluțiile care pot conduce la evitarea unor astfel de situații.

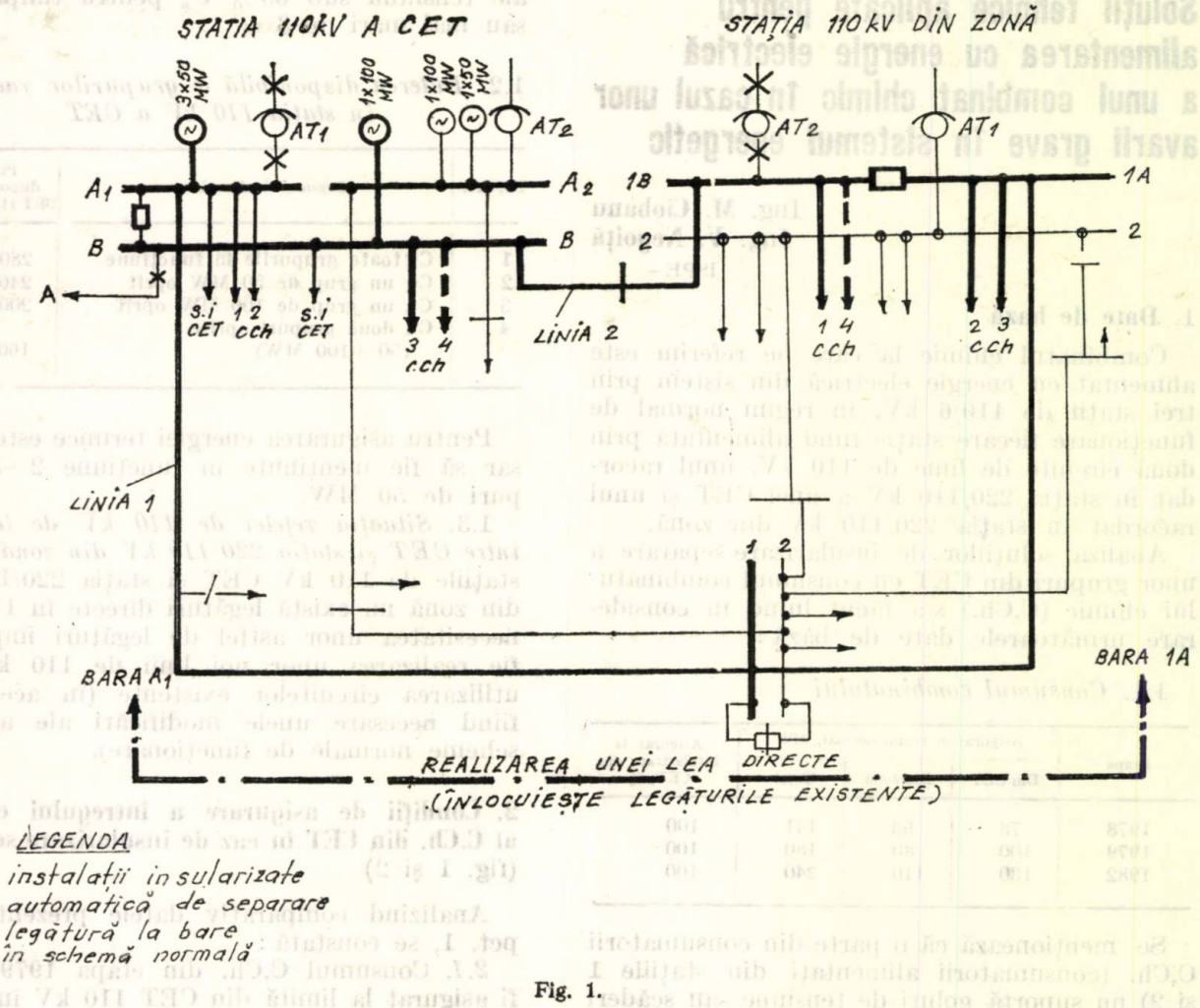


Fig. 1.

Soluția 1, în care se prevede preluarea întregului consum al platformei C.Ch. numai din stația 110 kV a CET, astfel:

Soluția 1.1, prin trecerea automată pe CET, înainte de insularizare, a consumului asigurat în regim normal de funcționare din sistem, care comportă:

— închiderea întreruptoarelor cuplelor de 6 kV, pentru unificarea barelor de 6 kV, în cele trei stații ale C.Ch.;

— declanșarea întreruptoarelor de 6 kV și 110 kV prin care se asigură alimentarea din stația de zonă (de sistem).

În această soluție, în afară de posibilitatea refuzului de acționare a unuia din multiplele întreruptoare de la C.Ch. (circa 20 întreruptoare), există și riscul ca, în cazul unor insularizări nereușite, să se piardă complet alimentarea C.Ch., cu toate că pe barele de 110 kV ale stației de sistem tensiunea s-a menținut sau a revenit.

Soluția 1.2, care prevede alimentarea C.Ch. în regim normal de funcționare numai din CET, respectiv să se renunțe la principiul de bază, adoptat în alimentarea marilor platforme, de a prelua în regim normal consumul din noduri distincte.

Soluția 2, în care se prevede ca C.Ch. să rămînă alimentat atît din CET cît și din sistem, menținînd sub tensiune barele de 110 kV prevăzute a se insulariza din stația 110 kV din zonă prin liniile existente (liniile 1 și 2) dintre cele două stații (stația CET și stația de sistem).

A fost adoptată soluția 2, prezentînd o serie de avantaje pentru alimentarea C.Ch., atît în regim normal de funcționare (separarea consumului C.Ch. de consumul zonei și alimentarea stațiilor C.Ch. din grupuri și AT 220/110 kV distincte, atît în CET cît și în stația din zonă), cît și în caz de avarii grave în sistemul energetic, prin menținerea în funcțiune a instalațiilor de alimentare a C.Ch. din schema normală.

3.2. *Schema normală de funcționare*

Necesitatea acționării unui număr cît mai mic de întreruptoare (la avarii în sistem se prevede ca acționarea să se facă automat sau

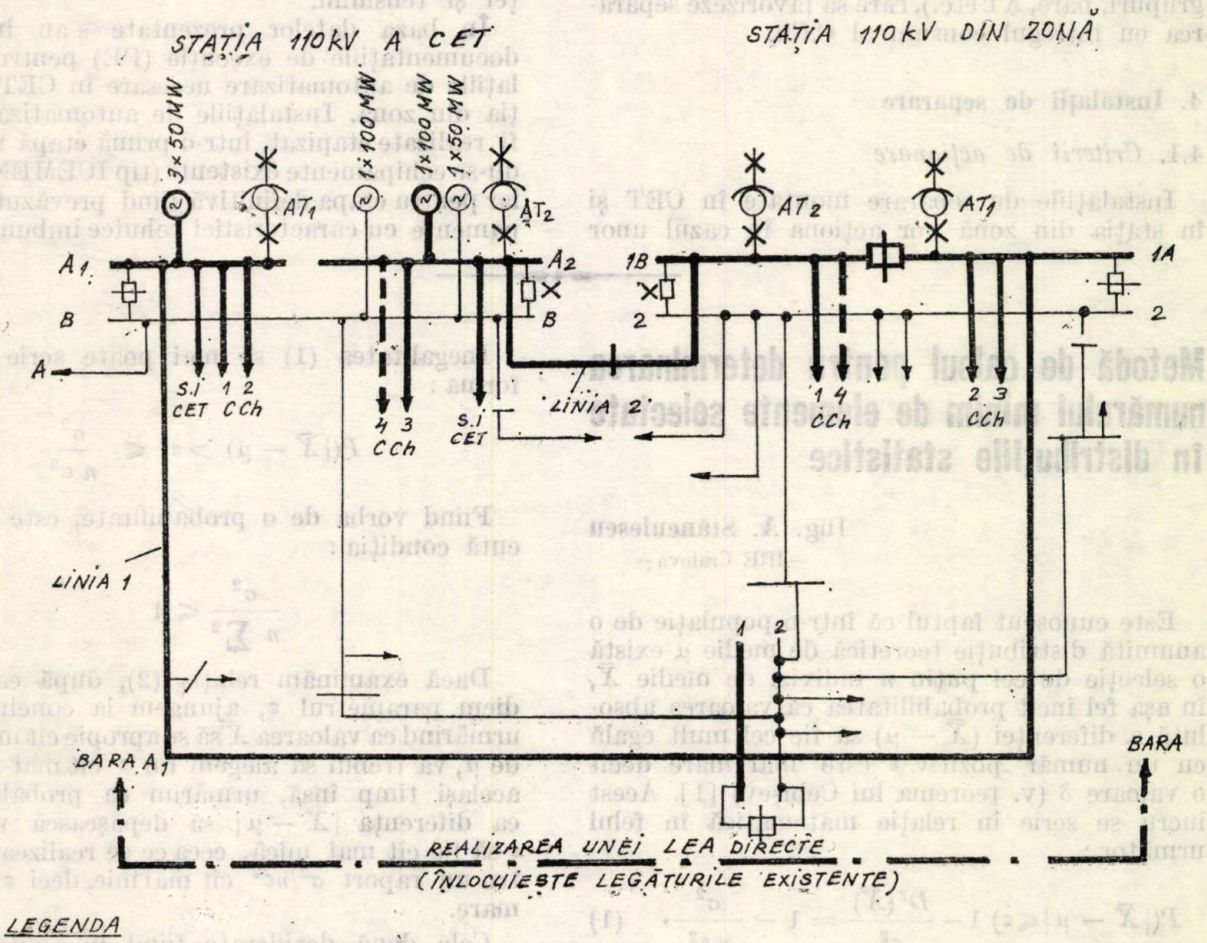


Fig. 2.

manual) impune ca în regim normal de funcţionare instalaţiile de 110 kV din zonă să fie organizate astfel (fig. 1):

a) *În CET*, pe barele A1 şi B, destinate insularizării, care vor funcţiona în paralel prin cupla transversală dintre A1 şi B, vor fi racordate următoarele instalaţii:

— pe bara A1: 3 grupuri de 50 MW (TA 4, 5 şi 6), AT 1, LEA C.Ch. 1 şi 2, linia 1;

— pe bara B: un grup de 100 MW (TA 1 sau TA 2) şi, în caz de indisponibilitate a unuia dintre grupurile de 50 MW, nr. 4, 5 sau 6, TA 3, LEA C.Ch. 3, linia 2, linia A.

b) *În staţia de zonă*, pe barele 1A şi 1B destinate insularizării, care vor fi unite prin cupla longitudinală, vor fi racordate:

— pe bara 1A: LEA C.Ch. 2 şi 3, linia 1;

— pe bara 1B: AT 2, LEA C.Ch. 1, linia 2.

În staţiile 110 kV CET şi din zonă pot fi adoptate şi alte scheme normale de funcţionare (de exemplu schema din fig. 2), în funcţie de situaţiile instalaţiilor (indisponibilităţi de grupuri, bare, AT etc.), care să favorizeze separarea cu întregul consum al C.Ch.

4. Instalaţii de separare

4.1. *Criterii de acţionare*

Instalaţiile de separare montate în CET şi în staţia din zonă vor acţiona în cazul unor avarii grave de sistem caracterizate prin variaţia următorilor parametri:

— scăderea frecvenţei pînă la 47—47,5 Hz (temporizare 1—10 s);

— scăderea tensiunii în reţeaua de 110 kV la 85 kV sau sub această valoare (temporizare 3 s);

— oscilaţii ale puterilor şi tensiunilor.

4.2. *Funcţionarea instalaţiei de separare în schema normală* (fig. 1).

Pentru schema din figura 1, dispozitivele menţionate la pct. 4.1 vor acţiona următoarele întreruptoare:

— *în staţia CET*, automatica de separare va acţiona întreruptoarele AT 1 (la 110 şi 220 kV) şi linia A;

— *în staţia din zonă*, automatica de separare va acţiona întreruptoarele de 110 şi 220 kV ale AT 2.

Instalaţiile de separare din CET şi staţia din zonă sînt prevăzute şi cu acţionare centralizată manuală, precum şi cu mijloace de prealarmare a personalului la scăderea frecvenţei şi tensiunii.

În baza datelor prezentate s-au întocmit documentaţiile de execuţie (PE) pentru instalaţiile de automatizare necesare în CET şi staţia din zonă. Instalaţiile de automatizare, vor fi realizate etapizat, într-o primă etapă montîndu-se echipamente existente (tip ICEMENERG), iar pentru etapa definitivă fiind prevăzute echipamente cu caracteristici tehnice îmbunătăţite.

Metodă de calcul pentru determinarea numărului minim de elemente selectate în distribuţiile statistice

Ing. **A. Stăneulescu**
— IRE Craiova —

Este cunoscut faptul că într-o populaţie de o anumită distribuţie teoretică de medie μ există o selecţie de cel puţin n indivizi de medie $\bar{X}$, în aşa fel încît probabilitatea ca valoarea absolută a diferenţei $(\bar{X} - \mu)$ să fie cel mult egală cu un număr pozitiv ε este mai mare decît o valoare δ (v. teorema lui Cebîşev) [1]. Acest lucru se scrie în relaţie matematică în felul următor:

$$P(|\bar{X} - \mu| \leqslant \varepsilon)\ 1 - \frac{D^2(\bar{X})}{\varepsilon^2} = 1 - \frac{\sigma^2}{n\varepsilon^2}, \quad (1)$$

în care $\delta = 1 - \frac{D^2(\bar{X})}{\varepsilon^2}$, iar $D^2(\bar{X})$ este dispersia mediei de selecţie şi σ—abaterea medie pătratică a întregii populaţii.

Inegalitatea (1) se mai poate scrie şi sub forma:

$$P(|\bar{X} - \mu) > \varepsilon) \leqslant \frac{\sigma^2}{n\varepsilon^2} \quad (2)$$

Fiind vorba de o probabilitate, este satisfăcută condiţia:

$$\frac{\sigma^2}{n\sum^2} \leqslant 1 \quad (3)$$

Dacă examinăm relaţia (2), după care studiem parametrul ε, ajungem la concluzia că, urmărind ca valoarea $\bar{X}$ să se apropie cît mai mult de μ, va trebui să alegem un ε cît mai mic; în acelaşi timp însă, urmărim ca probabilitatea ca diferenţa $|\bar{X} - \mu|$ să depăşească valoarea ε să fie cît mai mică, ceea ce se realizează pentru un raport $\sigma^2/n\varepsilon^2$ cît mai mic, deci ε cît mai mare.

Cele două deziderate fiind în contradicţie, propunem alegerea acelui ε care minimizează o funcţie-obiectiv $f(\varepsilon)$ de forma următoare:

$$f(\varepsilon) = \varepsilon + \frac{\sigma^2}{n\varepsilon^2} \quad (4)$$

Curba funcției-obiectiv este minimă cînd derivata de ordinul 1 se anulează; deci:

$$\frac{\partial f}{\partial \varepsilon} = 1 - \frac{2\varepsilon\sigma^2}{n\varepsilon^4} = 0, \quad (5)$$

de unde:

$$\varepsilon_{opt.} = \sqrt[3]{\frac{2\sigma^2}{n}} \quad (6)$$

Valoarea $f(\varepsilon_{opt.})$ este un minim pentru funcția-obiectiv, întrucît, dacă calculăm derivata de ordinul doi, obținem:

$$\frac{\partial^2 f}{\partial \varepsilon^2} = \left(\frac{6\sigma^2}{n}\right) \cdot \frac{1}{\varepsilon^4} > 0, \quad (7)$$

deoarece n prin definiție este un număr pozitiv.

Valoarea minimă a funcției este deci:

$$f_{min} = \sqrt[3]{\frac{2\sigma^2}{n}} + \frac{\sigma^2}{n\sqrt[3]{\frac{4\sigma^4}{n^2}}} = 3\sqrt[3]{\frac{\sigma^2}{4n}} \quad (8)$$

Deci relația lui Cebîșev, considerată în forma sa optimă, se poate scrie în felul următor:

$$P\left(|\bar{X} - \mu| > \sqrt[3]{\frac{2\sigma^2}{n}}\right) \leqslant \frac{\sigma^2}{n\sqrt[3]{\frac{4\sigma^4}{n^2}}} \quad (9)$$

Sau, mai departe:

$$P\left(|\bar{X} - \mu| > \sqrt[3]{\frac{2\sigma^2}{n}}\right) \leqslant \sqrt[3]{\frac{\sigma^2}{4n^2}} \quad (10)$$

Din această relație putem conchide că pentru o populație de o anumită distribuție teoretică este suficient să alegem un volum n de selecție pentru a obține atît gradul de estimare a mediei populației cu media de selecție, cît și probabilitatea cu care se realizează această estimare.

Problema prezintă o importanță practică dacă dorim să determinăm într-o populație un volum minim de selecție pentru a obține realizarea cu o anumită probabilitate a unui grad de estimare a celor două medii citate mai sus.

Valoarea abaterii medii pătratice este dată de relația:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\varepsilon (X_i - X)^2}{n}} = \sigma(n) \quad (11)$$

σ fiind o funcție care depinde de valoarea n.

Deci expresia (10) se poate scrie în acest caz:

$$P\left(|\bar{X} - \mu| > \sqrt[3]{\frac{2\sigma^2(n)}{n}}\right) \leqslant \sqrt[3]{\frac{\sigma^2(n)}{4n}} \quad (12)$$

Dacă ne vom referi în continuare la o distribuție Poisson la care $\sigma^2 = \lambda = pn$, funcția-obiectiv devine:

$$f(\varepsilon) = \varepsilon + \frac{p}{\varepsilon^2} \quad (13)$$

și în continuare:

$$P\left(|\bar{X} - \mu| > \sqrt[3]{2p}\right) \leqslant \sqrt[3]{\frac{p}{4}}, \quad (14)$$

$$\text{cu } \varepsilon_{opt} = \sqrt[3]{2p} = 1{,}25\sqrt[3]{p} \quad (15)$$

$$f_{min} = 1{,}9\sqrt[3]{p}$$

Observăm că în distribuția Poisson parametrul ε este legat doar de variația parametrului p.

În funcție de numărul n de indivizi din selecție, relațiile (14)—(15) devin:

$$P\left(|\bar{X} - \mu| > \sqrt[3]{\frac{2\lambda}{n}}\right) \leqslant \sqrt[3]{\frac{\lambda}{4n}}$$

$$\varepsilon_{optim} = 1{,}25\sqrt[3]{\frac{\lambda}{n}} \quad (16)$$

$$f_{minim} = 1{,}9\sqrt[3]{\frac{\lambda}{n}}$$

Prezintă interes reprezentarea grafică a lui $\varepsilon_{opt.}$ în funcție de n.

Pentru comoditatea reprezentării se poate utiliza o scară logaritmică, iar funcția este de forma:

$$\varepsilon = \frac{k}{\sqrt[3]{n}}, \quad (17)$$

cu $k = 1{,}25\sqrt[3]{\lambda}$.

În figura 1 s-a reprezentat această diagramă, din care, în funcție de un grad de precizie ales prealabil, putem determina numărul n minim al membrilor selecției.

Dacă revenim la funcția-obiectiv și scriem $f(\varepsilon) = \varepsilon + p/\varepsilon^2$, observăm că această funcție

este minimă dacă unui anumit p_n îi asociem o singură valoare $\varepsilon_{n\,opt}=1{,}25\sqrt[3]{p_n}$; pentru această valoare corespunde un $f_{n\,min}=1{,}9\sqrt[3]{p_n}$.

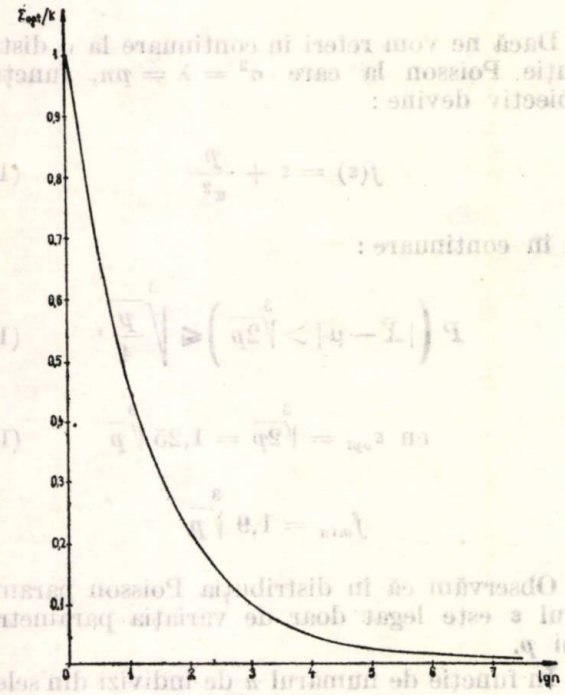


Fig. 1

Dacă vom stabili acum o altă valoare pentru probabilitatea p — fie aceasta p_m — va corespunde o funcţie-obiectiv $f_m(\varepsilon)=\varepsilon+p_m/\varepsilon^2$, cu un $\varepsilon_{m\,opt}=1{,}25\sqrt[3]{p_m}$ şi $f_{m\,min}=1{,}9\sqrt[3]{p_m}$.

Trasăm acum în figura 2 diagrama $f(p)=1{,}9\sqrt[3]{p}$, cu condiţia existenţei permanente a legăturii $\varepsilon=1{,}25\sqrt[3]{p}$ [2].

Avînd deci valoarea p în distribuţia Poisson, există o singură funcţie minimă $f(\varepsilon)$, care se determină din diagrama din figura 2 şi care corespunde lui ε_{opt}.

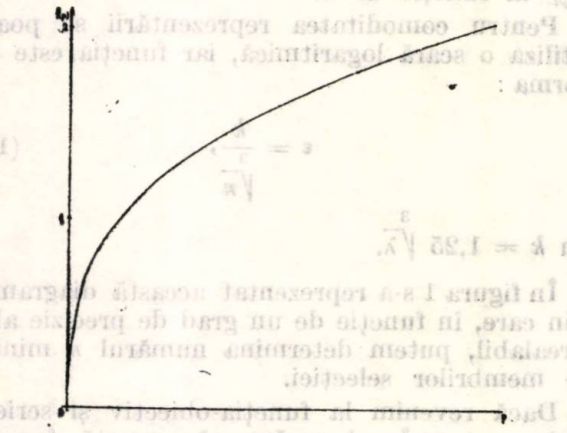


Fig. 2

Vom considera în continuare cazul în care pentru o distribuţie Poisson se cunoaşte parametrul σ.

În această populaţie putem forma o serie de selecţii compuse din n_1, n_2, n_3... indivizi pentru care corespund funcţile-obiectiv f_1, f_2, f_3 ...

De asemenea, fiecărei funcţii-obiectiv îi corespunde cîte un ε_{opt} care minimizează funcţia considerată. Astfel că, în situaţia în care ne fixăm de la început o eroare admisibilă în valoare absolută a diferenţei între mediile populaţiei şi de selecţie, putem determina numărul minim de indivizi care trebuie să fie conţinuţi în selecţie pentru a respecta în mod optim condiţiile impuse.

În figura 3 am reprezentat pentru aceeaşi populaţie Poisson, caracterizată de un parametru σ, variaţiile lui ε, $\sigma^2/n\varepsilon^2$ şi $f(\varepsilon)=\varepsilon+\sigma^2/n\,\varepsilon^2$ în funcţie de ε pentru multe valori n_1, n_2... ale elementelor din selecţie.

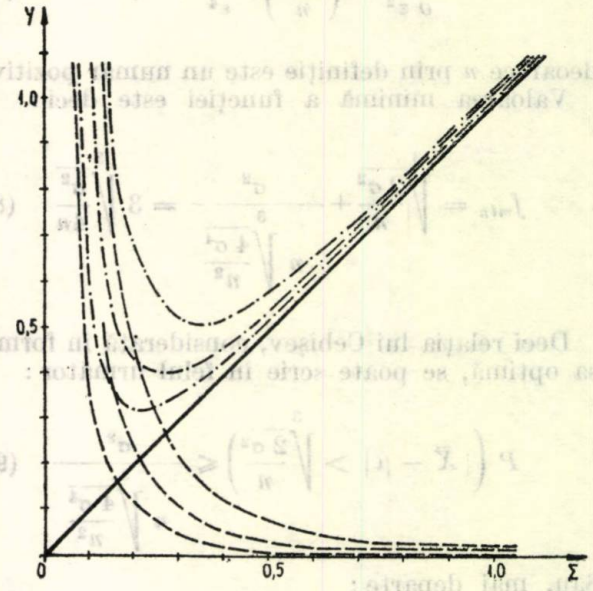


Fig. 3

$y=\varepsilon$; $y=\frac{\sigma^2}{n\varepsilon^2}$; $y=+\frac{\sigma^2}{n\varepsilon^2}$

Observăm că fiecare diagramă $f(\varepsilon)$, reprezentată pentru cîte un număr de elemente, admite un minim pentru un anumit ε_{opt}.

Concluzia este că în cadrul unei populaţii Poisson putem întîlni următoarele situaţii, care se pot rezolva atît analitic cît şi grafic:

— Se precizează valoarea absolută a erorii între mediile populaţiei şi de selecţie şi ni se cere să determinăm numărul minim de elemente din selecţie, în aşa fel încît această eroare să se producă cu o probabilitate minimă.

— Se precizează numărul de elemente selectate şi se cere să se determine probabilitatea cu care se realizează o diferenţă (eroare) determinată între mediile teoretice şi de selecţie.

Aplicaţie. Reluînd o aplicaţie tratată în literatura de specialitate [1], prin care în condiţiile unui $\varepsilon=0{,}1$ şi $\sigma^2/n\,\varepsilon^2=0{,}9$, populaţia fiind poissoniană de parametru $\sigma^2=9$, se

găsește un volum minim al selecției $n=1000$ pentru a se obține condițiile cerute.

Considerăm că, deși selecția satisface datele problemei, totuși numărul de 1000 elemente nu alcătuiește o selecție optimă în sensul celor arătate în articolul de față.

Astfel cum populația urmează o distribuție Poisson caracterizată de un parametru $\sigma^2=\lambda=9$, din relația (17) factorul $k = 1{,}25\sqrt[3]{9} = 2{,}60$.

Menținînd și noi valoarea $\varepsilon = 0{,}1$, rezultă $\varepsilon/k = 0{,}0385$.

Din diagrama figurii 1 rezultă $\lg n = 4{,}25$ și deci $n=17800$.

Probabilitatea $p = \lambda/n = 9/17800 = 0{,}0005$ și $f_{min.} = 1{,}9\sqrt[3]{0{,}0005} = 0{,}079$, iar $\sigma^2/n\,\varepsilon^2 = 9/17800 \times 0{,}1^2 = 0{,}05$.

Din relația (18), în situația unei selecții optime cu $n=17800$ elemente, s-ar scrie astfel:

$$P(|\overline{X} - \mu| > 0{,}1) < 0{,}005.$$

Problema s-ar fi putut rezolva și grafic, prin utilizarea figurii 3. Astfel, avînd valoarea lui $\varepsilon=0{,}1$, căutăm printre diagramele $f(\varepsilon) = \varepsilon + \sigma^2/n\varepsilon^2$ pe aceea care admite un minim pentru acest ε.

Pe această diagramă se citește apoi numărul n corespunzător elementelor de selecție care să satisfacă condiția $f=f_{min}$ pentru un $\varepsilon = \varepsilon_{opt} = 0{,}1$.

Bibliografie

[1] Ciucu, G., Craiu, V. și Ștefănescu, A. *Statistica matematică și cercetări operaționale.* Editura didactică și pedagogică, București, 1974.

[2] Balaure, V. *Trecerea la noțiunea de periodicitate economică a comenzilor.* În: Optimizarea stocurilor de producție în întreprindere. CNST — ICDT, București, 1972.

[3] Aurian, J., Boldur, Gh. și Lazăr, L. *Cercetarea operațională în construcții.* Editura științifică, București, 1967.

[4] Ceaușescu, D. *Tratarea statistică a datelor chimico-analitice.* Editura tehnică, București, 1973.

CRONICA

80 de ani de la darea în funcţiune a Uzinei electrice a municipiului Iaşi

Ing. C. Ostap
Ing. M. Caba
– IRE Iaşi –

Cu ocazia Zilei energeticianului, la IRE Iaşi s-a sărbătorit în zilele de 18—19 octombrie 1979 împlinirea a 80 de ani de la darea în funcţiune a primei centrale electrice de utilitate publică din Municipiul Iaşi. Cu acest prilej a fost întocmită monografia uzinei electrice, din care, în cele ce urmează se redau evenimentele mai principale.

Prima consemnare privind utilizarea în Iaşi a curentului electric pentru iluminat o constituie un anunţ publicat în ziarul „Curierul de Iassy" la data de 26 ianuarie 1873, prin care se anunţă o cursă pe gheaţă pe patinoarul iluminat electric („soare electric"). La 5 iunie 1883, în cadrul festivităţilor prilejuite de inaugurarea statuii lui Ştefan cel Mare, se consemnează, de asemenea, utilizarea „soarelui electric" pentru iluminatul festiv.

Preocupări pentru înlocuirea iluminatului cu petrol prin iluminatul electric datează din 1882, după cum o dovedeşte informaţia primită la 24 iunie 1882 din partea prefecturii din Paris, cuprinzînd relatări asupra experimentării acestui nou sistem de iluminat public. De asemenea, în arhiva oraşului se păstrează buletinele editate de societatea „Compagnie Continentale Edison" din 1882—1883.

Introducerea la Iaşi a iluminatului electric a fost susţinută de personalităţi ale acestui oraş, ca Nicolae Gane, Leon Negruzzi, Vasile Pogor, Petru Poni şi alţii.

În 1883, Leon Negruzzi vizitează „expoziţia de electricitate" de la Viena şi instalaţiile realizate la Paris. În raportul său din 23 septembrie 1883, arătînd avantajele electricităţii, recomandă Consiliului Comunal „introducerea luminării cu lumină electrică şi numai cu acest sistem în Iaşi".

Mai tîrziu, după ce s-a încercat şi adoptarea iluminatului cu gaz aerian, Vasile Pogor, primarul oraşului, dispune în 1885 întocmirea unui caiet de sarcini pentru „iluminatul cu gaz şi electricitate", urmînd însă ca principalele străzi şi instalaţii să fie iluminate electric.

Prima instalaţie de iluminat electric datează din 1896 şi a fost realizată prin stăruinţa lui Neculae Gane, primarul oraşului. La data de 3 decembrie 1896, cînd a fost inaugurată noua clădire a Teatrului Naţional, în piaţa teatrului s-au aprins 12 lămpi cu arc, alimentate din uzina electrică a teatrului.

În 1897 se anunţa ţinerea unei licitaţii pentru concesionarea, pe termen de 40 de ani, a lucrărilor pentru iluminatul electric al oraşului Iaşi.

În acelaşi an se întocmeşte, de către inginerul Laurenţiu Teodoreanu, viitorul director al Uzinei electrice, primul proiect pentru „eclerajul cu gaz şi cu electricitate" al oraşului, în colaborare cu inginerul-şef al oraşului, Charles Chaigneau. Concesiunea a fost acordată societăţii „Continentale Gesellschaft für elektrische Unternehmungen" din Nürenberg, care a început lucrările la data de 8 iunie 1898. La festivitatea care a avut loc cu această ocazie, N. Gane a spus: „Aceasta va însemna o epocă în dezvoltarea noastră... mulţumită căreia oraşul va lua un aspect european".

În acelaşi an s-a terminat clădirea administrativă a Uzinei electrice şi tot în 1898 s-a realizat iluminatul electric al Pieţii Unirii, cu alimentare provizorie de la uzina teatrului.

La data de 6 mai 1899 Uzina electrică şi reţelele de distribuţie au fost date în exploatare, Iaşul devenind astfel cel de-al 12-lea oraş din ţară care a introdus iluminatul electric, după alte oraşe ca: Bucureşti (1883), Timişoara (1884), Sibiu (1896), Arad (1897), Brăila (1898).

A fost adoptat sistemul de distribuţie în curent alternativ monofazat 3000 V. Consumatorii erau alimentaţi la tensiunea de 150 V, prin intermediul unor posturi de transformare de 3000/300/150 V (fig. 1).

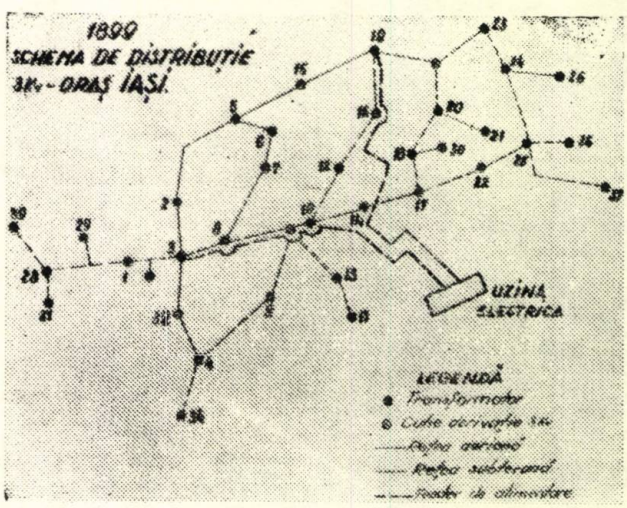


Fig. 1. Reţeaua de distribuţie a oraşului Iaşi 3000 V (1899).

Iluminatul electric era realizat cu lămpi cu arc, alimentate la tensiunea de 30 V, prin intermediul unor transformatoare de 150/30 V, in-

cluse în soclul metalic al stîlpilor ornamentali (fig. 2).

Uzina electrică era echipată cu trei corpuri electrogene de 285 kVA, 3000 V, acţionate de maşini cu abur tip Ernste Brunner de 400 CP.

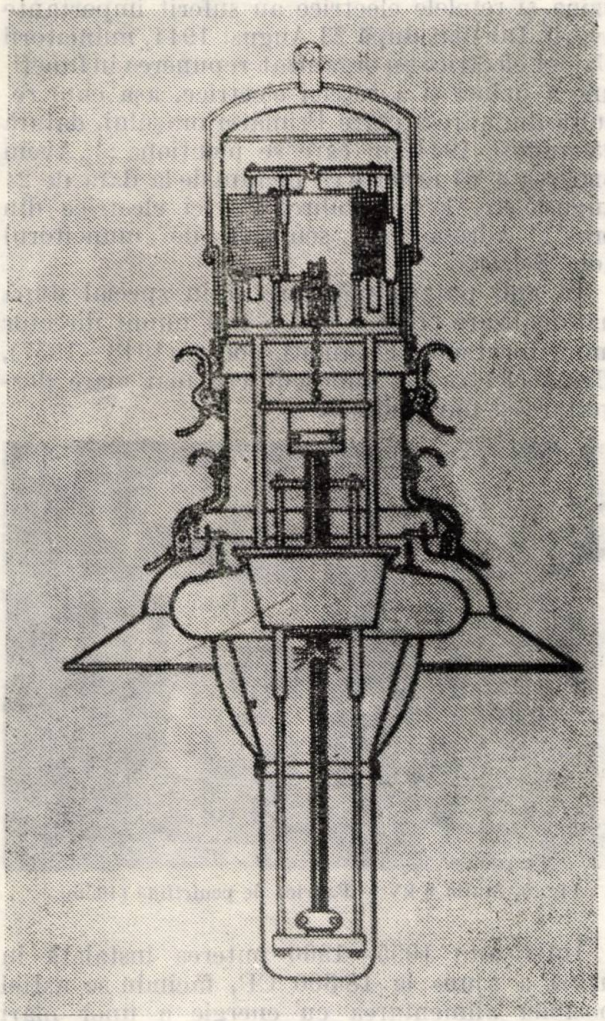


Fig. 2. Lampa cu arc.

Cazanele cu abur erau de tip Babcok-Wilcox 12 at, 250°C.

În primul an de exploatare existau: 10,8 km reţele de 3000 V; 20,4 reţele de 300/150 V; 36 posturi de transformare; 171 lămpi cu arc.

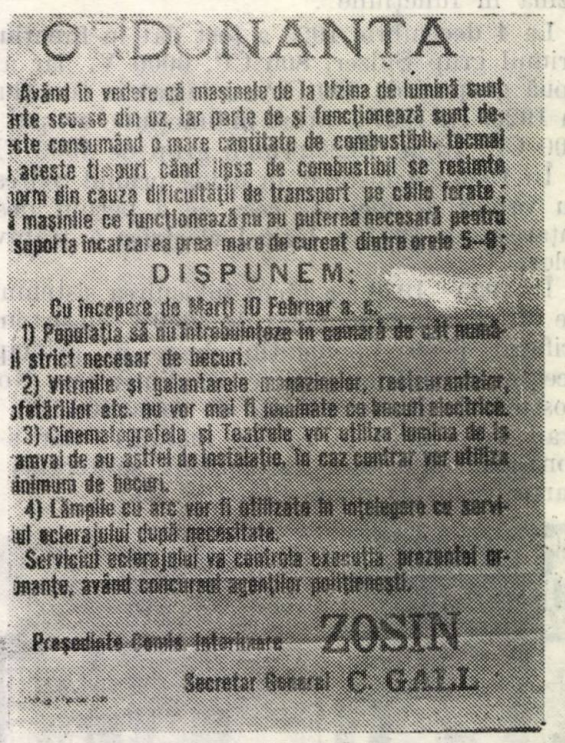
Din 1902 a început montarea lămpilor cu incandescenţă. În 1911 se extinde reţeaua de iluminat electric pe o serie de alte străzi, înlocuindu-se iluminatul cu petrol.

Primul director al uzinei a fost inginerul Laurenţiu Teodoreanu (1898—1907), unchiul scriitorului Ionel Teodoreanu, care îl descrie în romanul „La Medeleni" în personajul „Herr Direktor".

În perioada 1907—1913 Uzina electrică a fost amplificată prin montarea a trei grupuri Diesel de 225—750 CP. Alte grupuri de 800 CP, prevăzute a se monta, nu au mai fost livrate, din cauza începerii războiului.

De la data de 15 august 1916, Uzina electrică trece în proprietatea statului român ca bunuri aparţinînd inamicului.

În perioada primului război mondial, uzina a funcţionat intens pentru nevoile oraşului şi ale armatei, ceea ce a dus la uzura grupurilor şi scoaterea din funcţiune a motoarelor Diesel. O ordonanţă din 9 februarie 1920 impunea restricţii la furnizarea energiei electrice şi reducerea timpului de funcţionare la 8—10 ore pe zi (fig. 3). Din acelaşi an au apărut preocupările pentru



ORDONANŢA

Având în vedere că maşinele de la Uzina de lumină sunt arte scoase din uz, iar parte de şi funcţionează sunt de-ecte consumând o mare cantitate de combustibil, tocmai aceste timpuri când lipsa de combustibil se resimte norm din cauza dificultăţii de transport pe căile ferate; maşinile ce funcţionează nu au puterea necesară pentru suporta încarcarea prea mare de curent dintre orele 5—9;

DISPUNEM:

Cu începere de Marţi 10 Februar a. c.

1) Populaţia să nu întrebuinţeze în camară de cât numă-l strict necesar de becuri.

2) Vitrinile şi galantarele magazinelor, restaurantelor, ofetăriilor etc. nu vor mai fi luminate cu becuri electrice.

3) Cinematografele şi Teatrele vor utiliza lumina de la amvai de au astfel de instalaţie, în caz contrar vor utiliza inimum de becuri.

4) Lămpile cu arc vor fi utilizate în înţelegere cu servi-ul eclerajului după necesitate.

Serviciul eclerajului va controla execuţia prezentei or-onanţe, având concursul agenţilor poliţieneşti.

Preşedinte Comis. Interimare ZOSIN

Secretar General C. GALL

Fig. 3. Restricţii — 1920.

trecerea uzinei în proprietatea comunei Iaşi. În 1921 Uzina electrică comunală şi Uzina de tramvaie (dată în funcţiune în anul 1900) s-au unit sub aceeaşi conducere, a inginerului Mircea Volanschi.

Prinl legea 3300 din iunie 1923, ambele uzine intră în proprietatea comunei Iaşi.

Pentru refacerea şi modernizarea lor, la 8 iunie 1924 uzinele sînt preluate de Societatea comunală de electricitate (SCEI), care a luat fiinţă prin legea 708 din februarie 1924. Noua societate a fost concepută... „ca o cooperativă a consumatorilor", fondurile pentru refacere asigurîndu-se prin subscripţie publică (15 000 000 lei). Primăria îşi aducea aportul prin instalaţiile ce le deţinea, evaluate la 1 559 000 lei.

Înfiinţarea SCEI constituie o etapă importantă în istoria Uzinei electrice, deoarece, concomitent cu refacerea uzinei, s-a prevăzut şi înlocuirea sistemului monofazat de 3000 V cu sistemul trifazat de 6000 V.

Astfel, s-a decis montarea unor grupuri Diesel de 6000 V, 800—1600 CP. Uzina era concepută în perspectivă ca uzină de intervenţie, în eventualitatea racordării oraşului la un sistem energetic naţional. Raportul făcut în 1925 de către directorul general M. Volanschi menţiona: „Dacă peste cîţiva ani am căpăta curent produs de căderi de apă (e vorba să se facă astfel de uzină pe Bistriţa), am putea face faţă la orice eventualitate, deranjarea liniei sau altele, căci în cîteva minute am putea pune uzina în funcţiune".

La 4 decembrie 1925 a fost dat în funcţiune primul grup Sulzer, 800 CP, 6000 V, iar alte două grupuri de 800 CP au intrat în funcţiune în 1926. În 1927 a intrat în funcţiune grupul de 800 CP, iar în 1929 primul grup de 1500 CP.

În 1926 s-a instalat în uzină primul redresor cu vapori de mercur, ceea ce a permis desfiinţarea din 1927 a Uzinei electrice a tramvaielor.

În 1925—1930 s-a făcut înlocuirea sistemului de distribuţie monofazat de 3000 V cu sistemul trifazat 6000 V, menţinîndu-se în principiu aceeaşi schemă cu puncte de alimentare. Noile posturi de transformare, de 6000/400/220 V, erau în general în cabine metalice, dar s-au construit şi o serie de posturi subterane, în partea centrală a oraşului (fig. 4).

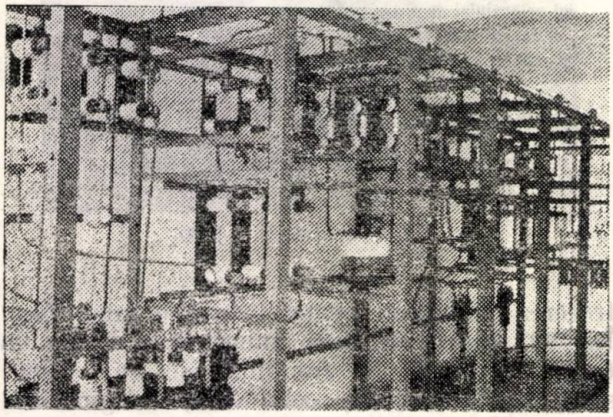


Fig. 4. Post trafo 1930—1940.

În perioada 1930—1940 uzina a fost amplificată şi modernizată, construindu-se o nouă sală de maşini, în care s-au montat grupruile 7 (1000 CP) şi 8 (2800 CP).

În 1938 s-a construit o nouă staţie de conexiuni de 6 kV, desprinsă pe trei niveluri (actuala clădire administrativă).

Astfel, în 1940 existau:

— grupuri Diesel	8 buc.
— putere instalată	7450 CP
— posturi de transformare	67 buc.
— puteri instalate	4980 kVA
— vîrf de sarcină maxim	4300 kW
— reţele de 6 kV	41 km
— reţele J.T.	145 km
— becuri electrice	3100 buc.
— abonaţi	10 258

Uzina electrică furniza energie la un număr de 330 abonaţi industriali, ceea ce evidenţiază aportul său la dezvoltarea economică a oraşului Iaşi.

În tot timpul celui de-al doilea război mondial, uzina şi reţelele electrice au suferit importante avarii. Imediat după 23 August 1944, muncitorii Uzinei electrice au organizat repunerea în funcţiune a uzinei şi a reţelei electrice, aşa cum rezultă din adresa către Primăria oraşului, datată 28 august 1944, în care se menţiona: „Avem onoarea a vă raporta că lucrăm de la data de 24 august a.c. la restabilirea reţelei electrice din oraş". Adresa este semnată de muncitorul Ion Selzer.

În anii puterii populare şi în special după naţionalizare (1948), cînd a fost numit director muncitorul sudor Emanoil Cojocaru (1948—1957), Uzina electrică a cunoscut cea mai mare dezvoltare şi modernizare.

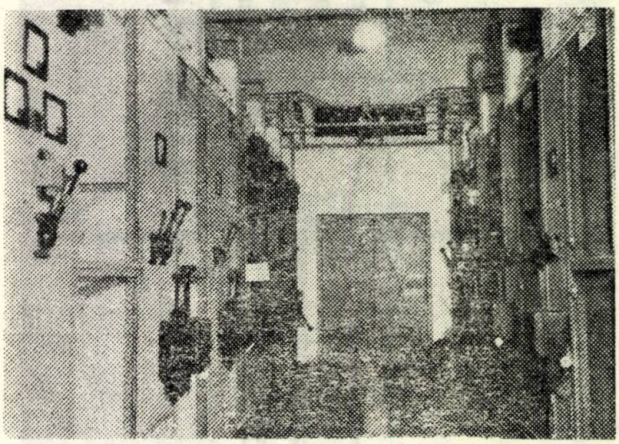


Fig. 5. Staţia 6 kV — Fabrica de penicilină (1956).

Între anii 1955—1960 puterea instalată în uzină a ajuns la 18 300 CP, făcîndu-se astfel posibilă alimentarea cu energie a unor mari unităţi industriale şi a instalaţiilor de pompare cu apă din Prut (1957), ceea ce a permis crearea bazei pentru dezvoltarea edilitară şi industrială a oraşului Iaşi. În 1952 s-a construit linia aeriană de 6 kV Iaşi—Moldova, prima linie electrică pentru electrificarea rurală şi agricolă, iar în 1956 linia de 35 kV Iaşi—Ţuţora. pentru alimentarea staţiei de pompe Ţuţora.

O nouă etapă în dezvoltarea energetică a oraşului Iaşi începe la data de 27 decembrie 1957, cînd s-a dat în funcţiune prima linie de 110 kV, Roman-Iaşi, şi staţia de 110/6 kV × 10 MVA Iaşi 1 (actuala staţie Centru). Prin aceasta se dădea o rezolvare definitivă problemei alimentării cu energie electrică a oraşului Iaşi, asigurîndu-se totodată sursa de alimentare a localităţilor din judeţul Iaşi. Astfel, în 1958 s-a dat în funcţiune LEA 15 kV Iaşi-Budai. S-a construit o nouă staţie de transformare în partea de sud a oraşului (staţia 110/35/15/6 kV Iaşi 2 — actuala staţie Ulei), care a

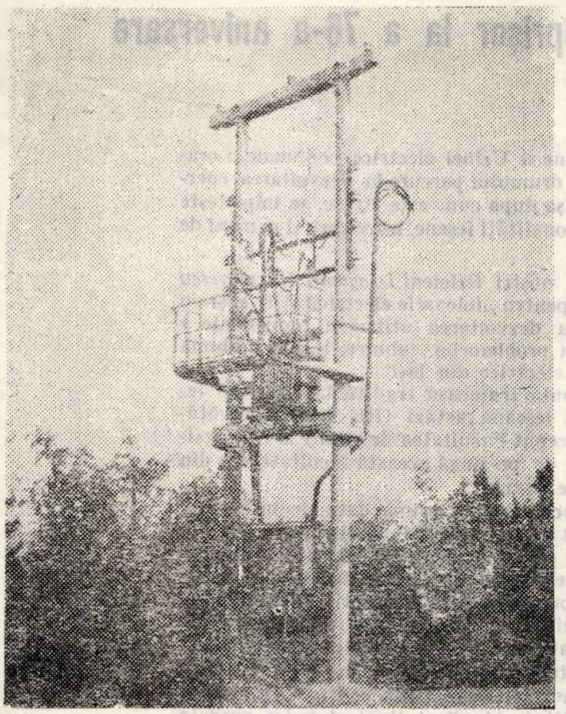


Fig. 6. Post trafo 15/0,4 kV (1959).

permis alimentarea cu energie a platformei industriale Ţuţora.

La data de 19 iulie 1961, conform Hotărîrii Consiliului de Miniştri nr. 443, s-a înfiinţat Întreprinderea regională de electricitate Iaşi (actuala Întreprindere de reţele electrice Iaşi), care a preluat exploatarea instalaţiilor energe-

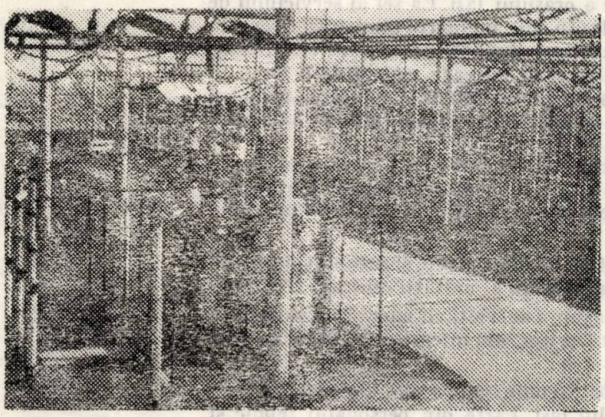


Fig. 7. Staţia I.A.I. — 220/110 kV (1974).

tice de pe teritoriul judeţelor Iaşi şi Vaslui. O primă realizare importantă a constituit-o studiul pentru crearea în Iaşi a celei de-a doua surse de alimentare cu energie electrică şi începutul termoficării urbane şi industriale.

Astfel a fost realizată Centrala electrică de termoficare Iaşi (actuala Uzină electrică a oraşului Iaşi), care a intrat în funcţiune în 1965, cu două grupuri de 25 MW.

În cursul lunii noiembre 1979, la această unitate a fost dat în funcţiune grupul 4 de 50 MW, puterea instalată în prezent fiind de 150 MW.

Prin posibilitatea de a coordona activitatea de proiectare, execuţie şi exploatare a instalaţiilor energetice, înfiinţarea IRE Iaşi a contribuit la dezvoltarea în ritm rapid a economiei judeţelor Iaşi şi Vaslui, asigurînd astfel baza energetică necesară pentru alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, corespunzător prevederilor de perspectivă.

Astfel, în 1974 s-a dat în funcţiune linia de 220 kV Gutinaţi-Iaşi şi staţia de 220/110 kV—2×200 MVA I.A.I. (fig. 7).

În 1978 a intrat în funcţiune staţia 110 kV Galata (fig. 8), care asigură alimentarea cu energie electrică a celei mai mari unităţi industriale — Combinatul de utilaj greu şi care va deveni în etapa următoare principala sursă de alimentare cu energie electrică a oraşului — viitoarea staţie de 400/110 kV.

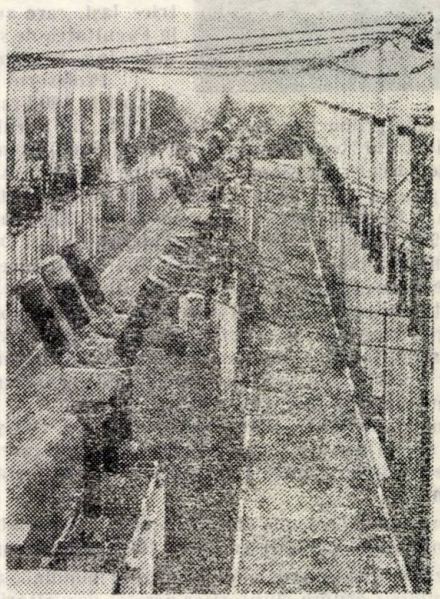


Fig. 8. Staţia Galata — 110 kV (1978).

Cea de-a 80-a aniversare a Uzinei electrice a oraşului Iaşi a fost un prilej de a evidenţia efortul continuu al energeticienilor moldoveni de a contribui la progresul acestor meleaguri, în concordanţă cu cele rostite de conducătorul statului nostru, tovarăşul Nicolae Ceauşescu: „trebuie să adăugăm la creaţia prezentului — creaţia trecutului, dînd preţuirea cuvenită înaintaşilor noştri".

Profesorul universitar ing. Simion Oprișor la a 76-a aniversare

Aniversarea în noiembrie 1979 a 80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice comunale a orașului Iași (6 mai 1899) a constituit un prilej deosebit pentru evocarea drumului parcurs în dezvoltarea energeticii ieșene de la primele sale începuturi și pînă astăzi. Acest drum, așa după cum este firesc, se împletește cu viața și activitatea a numeroși oameni, unii dintre aceștia mari personalități ieșene, între care și oameni de știință, cadre didactice ale Universității din Iași.

Marele chimist român *Petru Poni* (1841—1925), precum și marii noștri fizicieni *Dragomir Hurmuzescu* (1865—1954) și *Ștefan Procopiu* (1890—1972) au militat cu convingere pentru „foloasele electricității" și și-au adus direct, sau indirect, aportul la dezvoltarea utilizării industriale a electricității, respectiv la rezolvarea problemelor tehnice legate de buna funcționare a uzinei și tramvaielor electrice din Iași.

Dar ceea ce a devenit cu timpul o frumoasă tradiție la Iași este legătura strînsă dintre uzina electrică ieșeană (astăzi IRE Iași) și învățămîntul superior de specialitate (la început Facultatea de științe a Universității, apoi Institutul electrotehnic de pe lîngă această facultate, iar din 1937 Institutul politehnic „Gheorghe Asachi").

Această legătură, realizată efectiv pentru prima dată de profesorul Dragomir Hurmuzescu, s-a dezvoltat de-a lungul anilor atît în direcția dotării laboratoarelor pentru studenți, cît și în direcția asigurării predării disciplinelor tehnice de către cadre tehnice de la Uzina electrică. Este de menționat faptul că, de-a lungul anilor, unii dintre profesorii Facultății de științe de la Universitate (și mai tîrziu de la Institutul politehnic) au făcut parte din consiliile de administrație ale uzinei electrice ieșene. Acest gen de legătură între Institutul politehnic și IRE Iași se menține și astăzi.

Din remarcabila pleiadă a cadrelor tehnice din cadrul Uzinei electrice Iași, care au fost și profesori titulari la disciplinele tehnice predate la Facultatea de științe și apoi la Institutul politehnic, face parte și prof. univ. ing. *Simion Oprișor*, astăzi în vîrstă de 76 de ani.

Profesorul Oprișor, veteran al energeticienilor ieșeni, s-a născut la 18 aprilie 1903 în localitatea Ocna Sibiului într-o familie de țărani. Urmează școala primară în localitatea natală, iar liceul la Sibiu. După absolvirea liceului (1922) urmează cursurile Institutului electrotehnic de pe lîngă Facultatea de științe a Universității Iași (1924—1930).

Remarcat profesional, încă de pe băncile institutului, de către inginerul *Mircea Volanschi*, pe atunci director general al Societății comunale de electricitate Iași (SCEI) și conferențiar la Facultatea de științe, viitorul inginer Simion Oprișor este angajat de SCEI ca practicant la data de 1 iulie 1929. De atunci și pînă la 1 iulie 1959, timp de 30 de ani, inginerul Simion Oprișor va desfășura o amplă și prodigioasă activitate tehnico-științifică pusă în slujba dezvoltării economice și social-edilitare a orașului Iași. Ca șef al serviciului de rețele electrice (15 ani) și apoi al sectorului de rețele electrice și centrale (15 ani), inginerul Simion Oprișor este o prezență consecventă și activă la rezolvarea tuturor lucrărilor de dezvoltare și modernizare a instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice în orașul Iași, ca și în întreaga regiune Iași.

Astfel, imediat după angajare la SCEI, inginerul Simion Oprișor a lucrat intens la refacerea uzinei și rețelelor electrice din Iași, în mod deosebit la trecerea de la sistemul de distribuție monofazat 3/0, 3/0,15 kV a sistemul trifazat 6/0, 4/0, 23 kV.

Între anii 1931—1940, inginerul Simion Oprișor ia parte și contribuie substanțial la acțiunea de amplificare și modernizare a Uzinei electrice din Iași, care a constat, printre altele, în montarea și punerea în funcțiune a trei grupuri Diesel, ce totalizau o putere instalată de 5300 CP, putere care la timpul respectiv în semna foarte mult.

În aceeași perioadă (1938) s-a construit și dat în funcțiune clădirea cu două nivele și subsolul stației de conexiuni de 6 kV, clădire care mai tîrziu a fost transformată în actualul sediu al unității centrale IRE Iași.

Izbucnirea celui de-al doilea război mondial a avut repercusiuni asupra dezvoltării energetice a orașului Iași și implicit asupra slujitorilor acestei dezvoltări. Inginerul Simion Oprișor, om integru, a văzutin fascism cel mai mare pericol la adresa umanității și a realizărilor acesteia.

În dimineața zilei de 20 septembrie 1941 a izbucnit un puternic incendiu, care a scos din funcțiune, pe o perioadă mai îndelungată, întreaga uzină, paralizînd și viața orașului Iași. Parte din personalul tehnic și de exploatare al uzinei electrice a fost arestat și anchetat sever, bănuindu-se că ar fi fost o acțiune a comuniștilor.

În perioada de refacere a instalațiilor care a urmat, ca și în anii războiului, inginerul Simion Oprișor a muncit intens nu numai pentru orașul Iași, ci și pentru București (refacerea rețelelor electrice avariate de bombardamente).

Cu un calm desăvîrșit, o minte limpede și o intuiție practică rar întîlnită, inginerul Simion Oprișor a cîștigat totdeauna stima și simpatia muncitorilor și colaboratorilor cu care a activat.

Adevărata punere în valoare a potențialului său creator are loc însă în anii puterii populare, în anii construcției socialismului în patria noastră.

Continuînd a rămîne atașat de uzina electrică ieșeană, la 1 iulie 1945 pentru inginerul Simion Oprișor începe o altă latură a activității sale, cea didactică, fiind chemat de Institutul politehnic Iași pentru a preda cursul de „Centrale și rețele electrice", în calitate de conferențiar universitar suplinitor.

Activînd în continuare și în cadrul Uzinei electrice din Iași, inginerul Simion Oprișor urcă treptele întregii ierarhii universitare pînă la inclusiv funcția de șef al Catedrei de electroenergetică de la Institutul politehnic Iași.

Munca didactică dusă în paralel cu activitatea de bază din uzină este desfășurată consecvent pînă în anul 1959, cînd trece definitiv și exclusiv în învățămîntul superior.

În perioada de după război, odată cu munca depusă pentru refacerea uzinei și rețelelor electrice din Iași, se ocupă de modernizarea rețelelor de iluminat public, de electrificarea rurală și agricolă, perfecționîndu-și continuu pregătirea profesională teoretică pe fondul unui profund și îndelungat stagiu de practică inginerească.

Urmînd exemplul înaintașului său, prof. ing. M. Volanschi, căruia i-a succedat la catedră, profesorul ing. S. Oprișor a organizat practica în producție a studenților Institutului politehnic Iași, prin stabilirea unor teme ce trebuiau rezolvate de studenți și care erau discutate în ședințele săptămînale de referate tehnice, așa cum fuseseră inițiate de un alt inginer și eminent profesor universitar, *Cezar Antoni Parteni* (1900—1956), care a activat la Uzina electrică din Iași în perioada anilor 1926—1944.

Tot pe linia antrenării studenților — viitori ingineri — la soluționarea practică a problemelor energetice, prof. ing. S. Oprișor a condus personal realizarea de către studenți a rețelei de 6 kV pentru electrificarea unor sate din apropierea orașului Iași (Rușienii-Vechi, Rușienii-Noi și Orezeni), încă în anul 1959.

Este numai unul din numeroasele exemple ce se pot da în legătură cu aportul său la procesul de integrare a învățămîntului cu producția și cercetarea, proces ce se desfășoară în prezent cu atîta vigoare și eficiență, potrivit indicațiilor date de secretarul general al P.C.R., tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU.

Cursul predat de prof. ing. S. Oprișor, practician prin formație și vocație, cunoscător al greutăților pe care le întîmpină tinerii ingineri intrați în procesul de producție, era orientat cu cea mai mare pondere pe probleme de tehnologie și practică industrială. Fără să neglijeze niciodată teoria, a știut s-o dozeze totdeauna de așa manieră încît aceasta să nu poată eclipsa intuiția fenomenologică și să devină, în același timp, unealta intelectuală a viitorului inginer.

Ca fost student al Facultății de electrotehnică de la Institutul politehnic Iași, prin anii 1952—1957 mi-aduc aminte cu nostalgie de cursurile clare și deosebit de interesante, prin bogăția de elemente practice, pe care le preda pof. S. Oprișor la disciplina de Centrale și rețele electrice.

Activînd în continuare în învățămîntul superior, rămîne atașat uzinei electrice, devenită apoi IRE Iași, unde neobosit a muncit 30 de ani fără întrerupere.

Colaborează cu producția, predă cursul „Partea electrică a centralelor și stațiilor", conduce proiecte de diplomă și concepe, realizează și publică lucrări tehnico-științifice cu un pronunțat caracter de aplicabilitate practică.

Pentru a ne da seama de înalta sa conștiinciozitate profesională este suficient să arătăm că în decurs de 23 de ani de muncă la catedră n-a lipsit la nici un curs pe care urma să-l predea studenților săi.

În 1968, la cererea sa, prof. ing. S. Oprișor se pensionează, dar Facultatea îl menține profesor consultant pînă în 1979. Și astăzi încă, la cei 76 de ani, prof. ing. S. Oprișor este tot tînăr și prezent mereu printre noi la toate manifestările tehnico-științifice de specialitate ce se organizează în orașul pe care nu l-a mai părăsit, decît pentru scurte perioade de timp, din anul 1924.

Nu putem încheia această scurtă prezentare a vieții și activității prof. ing. S. Oprișor fără a ne referi la S. Oprișor — omul.

Specialist de mare talent, prof. ing. S. Oprișor a fost și este un om de o rară modestie și de o înaltă ținută morală. A susținut și a încurajat valorile autentice, nu a urmărit posturi înalte. Foarte calm dar fără a fi rece, compania prof. ing. S. Oprișor a fost întotdeauna și este deosebit de plăcută. Discuția cu dînsul se înfiripă pe nesimțite, astfel că, fără să-ți dai seama, orice urmă de reticență dispare. Optimist și fără nici o nuanță, măcar, de regret în legătură cu cursul vieții sale, prof. ing. S. Oprișor a rămas și astăzi, la 76 de ani, același om — un om de omenie.

Iașul și învățămîntul superior electrotehnic ieșean datorează mult prof. ing. S. Oprișor, a cărui viață, noi cei ce i-am fost studenți și l-am cunoscut, i-o prețuim și admirăm ca exemplu demn de urmat.

Aniversarea a 80 de ani de la punerea în funcțiune a uzinei electrice comunale a orașului Iași coincide cu a 76-a aniversare a prof. ing. S. Oprișor, a cărui viață și activitate se suprapun pe o lungă bucată de vreme cu viața acestei uzine.

Cu acest prilej, în semn de sincer omagiu, adresăm prof. ing. S. Oprișor urări de sănătate, fericire și și tradiționalul „La mulți ani".

Ing. **Romulus Sfichi**

Recenzii

V. I. NITU şi col. **Fiabilitatea instalaţiilor energetice.** *Culegere de probleme pentru energeticieni*, Editura tehnică, Bucureşti, 1979, 368 p.

Apariţia recentă a lucrării cu titlul de mai sus reprezintă o nouă şi valoroasă contribuţie a specialiştilor români în domeniul fiabilităţii instalaţiilor energetice.

Începuturile studiilor de fiabilitate energetică în ţara noastră datează din anul 1956, cînd apare primul articol, intitulat: „Exprimarea matematică a siguranţei în exploatarea schemelor electrice", de prof. dr. doc. ing. V.I. Nitu (în revista „Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică"). De atunci şi pînă astăzi, numărul cercetătorilor ocupaţi în domeniul fiabilităţii energetice în ţara noastră a crescut continuu şi, odată cu acesta, a crescut şi aportul lor.

Astăzi se poate, incontestabil, vorbi de o şcoală românească de fiabilitate a instalaţiilor energetice, care în cei peste 20 de ani de existenţă şi-a verificat concepţia teoretică în numeroase aplicaţii practice şi care s-a dezvoltat concomitent cu creşterea complexităţii sistemului energetic românesc.

De-a lungul celor peste 20 de ani, în ţara noastră au apărut numeroase lucrări şi articole în domeniul fiabilităţii instalaţiilor energetice, astfel încît literatura consacrată acestui domeniu a devenit din ce în ce mai bogată.

Ceea ce caracterizează esenţial această literatură, după părerea noastră, este îmbinarea reuşită a fundamentărilor teoretice cu aspectul practic aplicativ al cercetărilor şi studiilor în domeniul fiabilităţii instalaţiilor energetice.

Astfel, abordarea practică a problemelor de fiabilitate este dovedită şi de elaborarea unor normative pentru calculul siguranţei în funcţionare a instalaţiilor energetice, normativul M.E.E. — PE 013 din 1979 (prima ediţie datînd din anul 1973).

Un moment important în dezvoltarea conceptului românesc al fiabilităţii instalaţiilor energetice este apariţia cărţii prof. dr. doc. ing. V.I. Nitu „Fiabilitatea instalaţiilor energetice" (Editura Academiei R.S. România, 1973).

Apariţia acestei lucrări, de o înaltă ţinută ştiinţifică, necesita completarea ei cu o culegere de probleme care să dea posibilitatea celor interesaţi să-şi însuşească uşor tehnica calculului de fiabilitate a instalaţiilor energetice. Culegerea de probleme, purtînd semnătura unui colectiv de autori sub redactarea prof. V.I. Nitu, apărută în 1979, constituie obiectul prezentei recenzii.

Cartea la care ne referim este structurată pe 10 capitole şi conţine tipuri de probleme rezolvate cifric care privesc fiabilitatea centralelor termoelectrice, nuclearoelectrice, a liniilor electrice eriene, alimentarea consumatorilor industriali şi urbani cu energie electrică etc.

După o introducere în care se prezintă principalele probleme ale *siguranţei în funcţionare* a instalaţiilor energetice (metoda cheltuielilor actualizate, parametrii de fiabilitate, indicatorii de siguranţă şi etapele de calcul ale acestora, concluzii), se trece la *capitolul 1* al cărţii, în care se prezintă succint (cu caracter de breviar) metodele şi modelele probabilistice folosite în studiul siguranţei instalaţiilor energetice.

În cadrul acestui capitol, care priveşte deci metodele matematice pentru calculul fiabilităţii sistemelor, sînt prezentate următoarele probleme: elemente de teoria probabilităţilor, fiabilitatea elementului simplu, fiabilitatea sistemelor (calculul fiabilităţii sistemelor cu ajutorul metodei binomiale, al metodei frecvenţei şi duratei, al metodei Monte Carlo, cu ajutorul proceselor stocastice de tip Markov cu timp continuu de gradul întîi, al proceselor stocastice cu timp discret, al proceselor stocastice de tip semi-Markov cu timp continuu şi prin metoda de analiză arborescentă a defecţiunilor unui sistem), metode statistico-probabilistice de prelucrare a datelor statistice pentru estimarea fiabilităţii instalaţiilor energetice (caracteristicile de selecţie folosite la prelucrarea rezultatelor obţinute din măsurări şi observaţii, estimarea statistică, planuri de experimentare pentru estimarea indicatorilor de fiabilitate şi verificarea ipotezelor statistice privind fiabilitatea elementelor).

În *capitolul 2* (12 probeme) sînt abordate metodele matematice de prelucrare a datelor statistice în vederea estimării fiabilităţii instalaţiilor energetice.

Problemele acestui capitol privesc atît diverse părţi componente ale instalaţiilor energetice (pompe, conducte, cazane, motoare electrice etc.,) cît şi ansambluri mari, cum ar fi blocurile energetice.

Începînd cu *capitolul 3*, se trece la aplicaţii de interes practic direct. Astfel, în acest capitol se prezintă probleme privind alimentarea platformelor industriale cu energie electrică. După prezentarea cîtorva indicaţii de calcul (cheltuieli totale minime — criteriu de optimizare privind soluţiile de alimentare cu energie electrică a consumatrilor industriali, clase de consumatori, niveluri de siguranţă, categorii de receptoare), se trece la enunţul şi rezolvarea completă a 6 probleme privind alimentarea cu energie electrică a unor mari consumatori industriali cu caracteristicile date.

Capitolul 4 (8 probleme) se referă la fiabilitatea staţiilor electrice. Capitolul începe cu prezentarea succintă a indicaţiilor de calcul (tipuri de staţii, criterii de alegere a tipurilor de scheme de staţii, programe de calcul automat), după care sînt enunţate şi rezolvate probleme care au în vedere staţii de injecţii (generare sau consum) cu sistem simplu sau dublu de bare secţionat sau nu, staţii de racord adînc etc.

Capitolul 5 abordează probleme privind siguranţa reţelelor electrice urbane. După prezentarea indicaţiilor de calcul (evaluarea gradului de siguranţă în alimentarea consumatorilor urbani, scheme de reţea considerate pentru calcul, date de bază, metoda de calcul bazată pe lanţurile Markov staţionare, omogene şi cu timp continuu), se trece la enunţarea şi rezolvarea a trei tipuri de probleme (de mare întindere) privind determinarea indicatorilor de siguranţă a reţelelor electrice de distribuţie urbană.

Capitolul 6 conţine 17 probleme referitoare la fiabilitatea echipamentelor aferente grupurilor termoenergetice. Capitolul este de o întindere mai mare în raport cu alte capitole ale cărţii şi abordează problemele fără prealabile indicaţii de calcul. Problemele se caracterizează printr-o mare claritate a enunţurilor şi o rezolvare metodică ireproşabilă. Conţinutul problemelor se referă la fiabilitatea următoarelor echipamente: pompe, depozite, de combustibil, cazane, staţii de tratare a apei, mori pentru prepararea prafului de cărbune, grupuri şi blocuri energetice.

Capitolul 7 se referă la problemele fiabilităţii grupurilor termoenergetice de termoficare. Capitolul conţine 3 probleme (de volum mare) care tratează siguranţa funcţionării centralelor electrice de termoficare în diferite variante de echipare şi consumatori de căldură.

Capitolul 8 include 5 probleme din domeniul fiabilităţii centralelor nuclearoelectrice (reactoare nucleare, bucle de răcire, hidroacumulatoare sub presiune, sisteme de răcire de joasă presiune, circuite nucleare).

Capitolul 9 abordează problemele determinării producţiei de energie electrică, a rezervelor de putere, a nivelului de putere instalată şi a gradului de siguranţă la dezvoltarea în perspectivă a sistemelor electroenergetice. Acest capitol are cea mai mare întindere din volumul cărţii, conţinînd ample indicaţii de calcul, precum şi 15 probleme. În cadrul indicaţiilor de calcul, care sînt strict necesare înţelegerii soluţionării şi soluţiilor problemelor prezentate, sînt tratate: prognoza consumului de energie electrică şi a curbelor de sarcină, determinarea rezervei de putere pentru puterea disponibilă, determinarea rezervei de putere pentru reduceri de putere disponibilă, determinarea rezervelor de putere pentru reparaţii planificate, determinarea rezervei optime pentru avarii, determinarea rezervei de sarcină, siguranţa în funcţionare a sistemelor electroenergetice interconectate. Cele 15 probleme

ale capitolului urmăresc, ca ordine, tematica dată în indicațiile de calcul: prognoză, puteri efectiv disponibile și energie probabilă, distribuții și repartiții, valori optime ale rezervelor de putere și ale gradului de siguranță privind acoperirea de consum de energie electrică, siguranța alimentării cu energie electrică a consumatorilor din zone deficitare ale sistemului energetic, siguranța în sistem izolat și interconectat, rezerve de putere pentru avarii.

Capitolul 10, și ultimul al cărții, include 4 probleme referitoare la siguranța în funcționare a liniilor electrice aeriene.

Cartea se încheie cu trei anexe, care se referă la: algoritmul și programul de calcul DECL al numărului mediu de declanșări ale liniilor electrice aeriene datorate supratensiunilor atmosferice, algoritmul și programul RISEC—2 al riscului de descărcare a liniilor electrice aeriene datorat supratensiunilor de comutație și legea de repartiție a lui Poisson, funcția de repartiție.

Trecerea sumară în revistă a conținutului cărții prof. dr. doc. ing. V.I. Nitu și colectiv scoate în evidență faptul că numărul de probleme al cărții este realativ mic, dar, cu toate acestea, ele acoperă aproape în întregime aria tematicii fiabilității instalațiilor energetice. Este de remarcat faptul că problemele în cauză nu sînt de factură obișnuită, în sensul că întinderea celor mai multe dintre ele este foarte mare, astfel încît acestea sînt probleme-studiu, mici proiecte tehnice.

Toate problemele conținute în lucrare au soluțiile dezvoltate complet, ceea ce conferă cărții un mare grad de utilitate, dînd posibilitatea celor care o citesc să se familiarizeze cu modalitățile practice de studiere a siguranței instalațiilor energetice.

Cartea face parte din ciclul de lucrări al Editurii tehnice intitulat „Culegere de probleme pentru energeticieni", ea fiind de înalt nivel tehnico-științific. Conținutul problemelor este rezultat din nevoile practice ale proiectării și exploatării sistemului energetic românesc, colectivul amplu de autori (17) al acestei lucrări fiind acela care a elaborat metodele și soluțiile folosite în studiile de siguranță, cu o bogată experiență în aplicarea lor concretă în studiile de dezvoltare a instalațiilor energetice din țara noastră.

Ca urmare, cartea se adresează cu precădere inginerilor energeticieni care lucrează în domeniul proiectării și exploatării instalațiilor și care, prin natura activității lor, doresc să aprofundeze problema fiabilității instalațiilor energetice. Ea este de asemenea utilă constructorilor de echipamente energetice, precum și studenților și cadrelor didactice de la facultățile de profil.

În final, considerăm ca binevenită inițiativa Editurii tehnice de a publica o astfel de lucrare cu un astfel de profil, această carte neavînd nici un precedent în literatura de specialitate din țara noastră și, din cîte sîntem informați, nici în altă parte.

Ing. **Romulus Sfichi**

INFORMARE

privind activitatea Comitetului Național Român CIGRE

În luna noiembrie 1979 a avut loc ședința Comitetului Național Român CIGRE (CNR — CIGRE, care a fost condusă de ing. Dumitru Popescu, adjunct al ministrului energiei electrice, președintele comitetului.

În cadrul ședinței s-au discutat următoarele probleme:

1. Analiza realizării sarcinilor din planul de muncă al CNR — CIGRE pe anul 1979.

2. Propunerea de plan de muncă pentru anul 1980.

3. Asigurarea funcției de secretar al CNR — CIGRE.

La ședință a fost difuzată membrilor CIGRE broșura „Lucrările celei de-a 27-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele de Înaltă Tensiune — Paris, 29 august — 7 septembrie 1978". Această broșură a fost difuzată anterior, prin grija secretariatului CNR—CIGRE, la toate întreprinderile M.E.E., în scopul cunoașterii rapoartelor prezentate, a principalelor probleme discutate, precum și a concluziilor ce se desprind pentru activitatea din țara noastră privind cercetarea, proiectarea, fabricarea de echipamente și exploatarea.

În discuțiile purtate s-a subliniat importanța tehnică și științifică a materialelor primite în cadrul comitetelor de studii CIGRE, precum și noutatea tehnică a problemelor discutate în aceste comitete. Avînd în vedere acest lucru, s-a hotărît difuzarea de către secretariatul CNR—CIGRE a listelor cu materialele CIGRE primite de la comitete la întreprinderile interesate din M.E.E., M.I.C.M. și M.E.I., pentru a se putea lua cunoștință de aceste materiale, urmînd ca, la cerere, unele din acestea să poată fi puse la dispoziția celor interesați.

De asemenea, a rezultat necesitatea ca la întrunirile cu caracter de directivare ale M.E.E. să se facă o prezentare a materialelor primite de la CIGRE și a concluziilor rezultate din participările la lucrările comitetelor de studii și ale grupelor de lucru ale acestora.

Pentru anul 1980 se impune pregătirea cu atenție a reuniunii Grupei de lucru 23—04 (Concepția stațiilor electrice), care va avea loc în România. De asemenea se impune pregătirea din timp a participării delegației române la lucrările sesiunii CIGRE din august—septembrie 1980 de la Paris, inclusiv studierea rapoartelor ce se vor primi și stabilirea punctelor de vedere asupra problemelor importante puse în discuție la sesiune.

Împreună și cu alte sarcini ce stau în fața Comitetului Național Român CIGRE, aceste obiective au fost incluse în planul de muncă al CNR—CIGRE adoptat pentru anul 1980.

În cadrul ședinței a fost ales în funcția de secretar al CNR—CIGRE prof. dr. doc. ing. V. I. Nitu, director tehnic al ISPE.

Secretarul CNR — CIGRE
Prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.3.091.3.(063)

*** * * V-й Симпозиум «Надежность в работе энергетических установок, Яссы, 18—19 окт. 1980 г.**

стр. 1

ДК 621.311.16 : 621.3.019.3

И. Мэйеряну и Е. Павел: **Аспекты, касающиеся надежности в работе национальной энергосистемы при условиях экономичности первичной энергии**

стр. 15

ДК 621.311.16 : 621.3.019.3

П. Димо, М. Помырляну, Л. Бежуску, и И. Раду: **Актуализация on—line эквивалентной модели внешних систем для анализа надежности национальной энергосистемы**

стр. 18

ДК 621.316.1

В. И. Ниту, Х. Алберт, М. Штайн и А. Попеску: **Аспекты, касающиеся готовности сетевых элементов**

стр. 23

ДК 662.67.001.5

В. Бэлан: **Использование математических методов для установления энергетических характеристик угольных сланцев**

стр. 25

ДК 621.3.019.3.004.2.

Х. Алберт и М. Янку: **Аспекты, касающиеся роста надежности в работе путем соответствующего технического оснащения оперативного управления**

стр. 31

ДК 621.311.16 : 621.3.019.3.001.3

В. И. Ниту и А. М. Петреску: **Роль программы расчета надежности на короткий срок при улучшении оперативной надежности национальной энергосистемы**

стр. 34

ДК 621.311.161 : 621.315.1

А. Севастру: **Факторы, благоприятствующие развитию межсистемных связей национальных энергосистем через линии большой мощности**

стр. 36

ДК 621.3.019.3.002.5

К. Ионеску: **Расчет надежности тепломеханических оборудований, предвиденных с запасом**

стр. 43

ДК 621.3.019.3 : 621.311.1 : 621—52

М. Штайн, П. Янкович и Г. Мораите: **Надежность в работе некоторых зон системы под аспектом корреляций размерности сетей и автоматизации системы**

стр. 50

ДК 621.315.1.001.1

Н. Бордеиан, А. М. Петреску, и Фл. Михэеску: **Оптимизация стратегии использования проходов для ЛЭП передачи с точки зрения надежности**

стр. 56

ДК 621.3.019.3 : 621.316.26

Х. Алберт, М. Боган и М. Бэдин: **Надежность в работе трансформаторных подстанций в рамках ПЭС в Яссах. Статистические данные сравнения со средними многолетовыми значениями по всей совокупности энергетической системы**

стр. 62

ДК 621.3.019.3 : 621.316.26

И. Флоря: **Аспекты надежности относительно схем связей подстанций, предложенных для типизации**

стр. 66

ДК 621.313.12.004.2

Т. Анджелеску и А. Мазэре: **Улучшения защитных схем и автоматическое регулирование, причитающееся блокам 125 МВт**

стр. 72

ДК 621.311 : 621.3.019.3

Д. Ивас, Е. Войня, Е. Бырлэдяну и И. Игнат: **Современная техника проектирования и обучение операторов в камерах управления — средство повышения надежности в работе установок**

стр. 74

ДК 621.3.015.3

Г. Крецу: **Деформирующий режим и перенапряжения, произведенные энергетическими электродуговыми печами в сетях 35 кв снабжения**

стр. 76

ДК 621.316.052.004.64

М. Чобану и В. Негоицэ: **Технические решения, примененные для снабжения электроэнергией площадок химического комбината в случае тяжелых аварий в энергосистеме**

стр. 79

ДК 621.311.1.001.5

А. Стэнкулеску: **Метод расчета для определении минимального числа элементов, отобранных при статистических распределениях**

стр. 82

ХРОНИКА

К. Остап и М. Каба: **80 лет со дкня пуска в действие электрического Завода Муниципалитета Яссы**

стр. 86

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.3.019.3 (063)

*** * * Das 5. Symposium „Die Betriebssicherheit der Kraftanlagen", Iassy, 18—19 Oktober 1980**

S. 1

DK 621.311.16 : 621.3.019.3

M. Măiereanu und *E. Pavel*: **Aspekte der Betriebssicherheit des nationalen Energiesystems und die Primärenergieeinsparung**

S. 15

DK 621.311.16 : 621.2,019.3

P. Dimo, M. Pomârleanu, L. Bejuscu und *I. Radu*: **Online Aktualisierung des gleichwertiger Modells der äusseren Systeme für die Sicherheitsanalyse des nationalen Energiesystems**

S. 18

DK 621.316.1

V.I. Nitu, H. Albert, M. Stein und *A. Popescu*: **Aspekte der Verfügbarkeit der Netzwerkelemente**

S. 23

DK 622.67.001.5

V. Bălan: **Verwendung der mathematischen Modelle zur Feststellung der energetischen Kennwerte der Kohlenschiefer**

S. 25

DK 621.3.019.3.004.2

H. Albert und *M. Iancu*: **Die Steigerung der Betriebssicherheit durch das entsprechende Einrichten der Schnellsteuerung**

S. 31

DK 621.311.16 :621.3.019.3.001.3

V.I. Nitu und *A.M. Petrescu*: **Die Rolle der Kurzdauer-Rechenprogramme für die Betriebssicherheitsverbesserung des Normalbetriebs im nationalen Energiesystem**

S. 34

DK 621.311.161 : 621.315.1

A. Sevastru: **Die günstigen Faktoren in der Entwicklung der Verbundart der energetischen Nationalsysteme durch Hochkapazitätsleitungen**

S. 36

DK 621.3.019.3.002.5.

C. Ionescu : **Betriebssichercheitsberechnung der thermomechanischen Ausrüstungen mit Vorrat**

S. 43

DK 621.3.019.3 : 621.311.1 : 621—52

M. Stein, P. Iancovici und *G. Moraite:* **Die Betriebssicherheit einiger Systemteile angesichts der Ausmasskorrelation der Systemnetzwerke und der Systemautomatisierungen**

S. 50

DK 621.315.1.001.1

N. Bordeian, A.M. Petrescu und *Fl. Mihăilescu* : **Optimierung der Verwendungsstrategie des Hochspannungsleitungsgebietes vom Standpunkt der Sicherheit**

S. 56

DK 621.3.019.3 : 621.316.26

H. Albert und *M. Bogan* : **Betriebssicherheit der Umspannwerke des Netzwerkbetriebes Iassy. Statistische Daten, Vergleiche mit den mehrjährigen Mittelwerten für das gesamte Energiesystem**

S. 62

DK 621.3.019.3 : 621.316.26

I. Florea : **Sicherheitsaspekte der Schaltbilder in den für die Typisierung vorgeschlagenen Umspannwerken**

S. 66

DK 621.313.12.004.2

T. Angelescu und *A. Mazăre* : **Verbesserung des automatischen Schutz- und Regelungsschemas der 125 MW Blöcke**

S. 72

DK 621.311 : 621.3.019.3

D. Ivas, E. Voinea, E. Bîrlădeanu und *I. Ignat* : **Moderne Technik für die Prüfung und Ausbildung des Betriebspersonals im Betätigungsraum — Ein Mittel zur Betriebssicherheitserhöhung der Anlagen**

S. 74

DK 621.3.015.3

Gh. Crețu : **Verzerrungszustand und Überspannungen im 35 kV Versorgungsnetz der Lichtbogenöfen**

S. 76

DK 621.316.052.004.64

M. Ciobanu und *V. Negoiță* : **Tehnische Lösungen zur Energieversorgung einer Chemieplatform während schweren Betriebsstörungen im Energiesystem**

S. 79

DK 621.311.1.001.5

A. Stănculescu : **Berechnungsmethode zur Bestimmung der Mindestzahl von ausgelesenen Elementen in der statistischen Distribution**

S. 82

CHRONIK

C. Ostap und *M. Caba* : **80 Jahre seit der Inbetriebnahme des Elektrizitätswerkes Iassy**

S. 86

SOMMAIRE

621.3.019.3 (063)

* * * **Le Ve Symposium sur la „Fiabilité des installations énergétiques", Jassy, 18—19 Octobre 1979**

p. 1

CD 621.311.16 : 621.3.019.3

I. Măiereanu et *E. Pavel* : **Quelques aspects de la fiabilité du système énergétique national dans les conditions de l'économie de l'énergie primaire**

p. 15

CD 621.311.16 :621.3.019.3

P. Dimo, M. Pomîrleanu, L. Bejuscu et *I. Radu* : **L'actualisation „on-line" du modèle équivalent des systèmes extérieurs pour l'analyse de la fiabilité du système énergétique national**

p. 18

CD 621.361. 1

V.I. Nitu, H. Albert, M. Stein et *A. Popescu* : **Aspects concernant la disponibilité des éléments de réseau**

p. 23

CD 662.67.001.5

V. Bălan : **Modèles mathématiques utilisés à la détermination des caractéristiques énergétiques des schistes bitumineux**

p. 25

CD 621.3.019.3.004.2

H. Albert et *M. Iancu* : **Aspects concernant l'accroissement de la fiabilité par une dotation technique adéquate de la commande opérative**

p. 31

CD 621.311.16 : 621.3.019.3.001.3

V.I. Nitu et *A.M. Petrescu* : **Le rôle des programmes de calcul de la fiabilité à court terme pour l'amélioration du fonctionnement opératif du système énergétique national**

p. 34

CD 621.311.161 : 621.315.1

A. Sevastru : **Les facteurs favorisant le développement de l'interconnexion des systèmes énergétiques nationaux par des lignes de grande capacité**

p. 36

CD 621.3.019.3.002.5

C. Ionescu : **Calcul de la fiabilité des équipements thermomécaniques à réserves**

p. 43

CD 621.3.019.3 : 621.311.1 : 621—52

M. Stein, P. Iancovici et *G. Moraite* : **La fiabilité de certaines zones de système vue sous l'aspect des corrélations entre les conditions de dimensionnement des réseaux et les automatisations de système**

p. 50

CD 621.315.1.001.1

N. Bordeian, A.M. Petrescu et *Fl. Mihăilescu* : **Optimisation de la stratégie d'utilisation des couloirs pour les lignes électriques aériennes au point de vue fiabilité**

p. 56

CD 621.3.019.3 : 621.316.26

H. Albert, M. Bogan et *M. Bădin* : **Fiabilité des postes de transformation de l'Entreprise d'électricité de Jassy. Données statistiques, comparaisons faites avec les valeurs moyennes multiannuelles du système énergétique en ensemble**

p. 62

CD 621.3.019.3 : 621.316.26

I. Florea : **Aspects de la fiabilité des schémas de connexion des postes proposés pour la typisation**

p. 66

CD 621.313.12.004.2

T. Angelescu et *A. Mazăre* : **Amélioration des schémas pour la protection et le réglage automatique des tranches 125 MW**

p. 72

CD 621.311 : 621.3.019.3

D. Ivas, E. Voinea, E. Bîrlădeanu et *I. Ignat* : **Les techniques pour tester et enseigner le personnel travaillant dans les salles de commande en tant que moyens d'accroissement de la fiabilité des installations**

p. 74

CD 621.3.015. 3

Gh. Crețu : **Le régime déformant et les surtensions causés par les fours électriques à arc dans le réseau d'alimentation en énergie électrique de 35 kV**

p. 76

CD 621.316.052.004.64

M. Ciobanu et *V. Negoiță* : **Solutions techniques adoptées dans l'alimentation en énergie électrique d'un combinat chimique en cas d'avarie grave du système énergétique**

p. 79

CD 631.311.1.001.5

A. Stănculescu : **Méthode de calcul destinée à déterminer le nombre minimum d'éléments sélectés dans les distributions statistiques**

p. 82

CHRONIQUE

C. Ostap et *M. Caba* : **80 ans depuis la mise en service de l'Usine électrique de Jassy**

p. 86

CONTENTS

DC 621.3.019.3(063)

*** * * The V-th Symposium „Reliability of Power Installations", Jassy, October 18—19, 1979**

p. 1

DC 621.311.16 : 621.3.019.3

I. Măiereanu and *E. Pavel* : **Aspects regarding the reliability of the national power system under the circumstances of primary energy savings**

p. 15

DC 621.311.16 : 621.3.019.3

P. Dimo, M. Pomîrleanu, L. Bejuscu and *I. Radu* : **On-line updating of the equivalent model of external systems for the national power system safety analysis**

p. 18

DC 621.316.1

V.I. Nitu, H. Albert, M. Stein and *A. Popescu* : **Aspects regarding network elements availability**

p. 23

DC 662.67.001.5

V. Bălan : **Mathematical models for establishing the energetic characteristics of coal shales**

p. 25

DC 621.3.019.3.004.2

H. Albert and *M. Iancu* : **Aspects of reliability increase by a corresponding technical utilation of the operative leading process**

p. 31

DC 621.311.16 : 621.3.019.3.001.3

V.I. Nitu and *A.M. Petrescu* : **Short term safety calculation programs for the operation increase of the national power system**

p. 34

DC 621.311.161 : 621.315.1

A. Sevastru : **Favouring factors in the national power systems interconnection development through high capacity lines**

p. 36

DC 621.3.019.3.002.5

C. Ionescu : **Reliability calculation of thermal and mechanic equipment with reserves**

p. 43

DC 621.3.019.3 : 621.311.1 : 621—52

M. Stein, P. Iancovici and *G. Moraite* : **Reliability of some system areas under the aspect of correlation between the network dimensioning conditions and system automation**

p. 50

DC 621.315.1.001.1

N. Bordeian, A.M. Petrescu and *Fl. Mihăilescu* : **Optimization of the utilization strategy of CHEL passage ways regarding reliability**

p. 56

DC 621.3.019.3 : 621.316.26

H. Albert, M. Bogan and *M. Bădin* : **Substation reliability within the Electricity Enterprise Jassy. Statistical data, comparisons with average multiannual values for the entire power system**

p. 62

DC 621.3.019.3 : 621.316.26

I. Florea : **Reliability of connection schemes of the substations to be typified**

p. 66

DC 621.313.12.004.2

T. Angelescu and *A. Mazăre* : **Improvement of automatic protection and control schemes of 125 MW units**

p. 72

DC 621.311 : 621.3.019.3

D. Ivas, E. Voinea, E. Birlădeanu and *I. Ignat* : **Modern testing and teaching techniques of control room operation — installation reliability increase means**

p. 74

DC 621.3.015.3

Gh. Crețu : **Distortion regime and overvoltages produced by arch electric ovens in their 35 kV supply networks**

p. 76

DC 621.316.052.004.64

M. Ciobanu and *V. Negoiță* : **Technical solutions for the electricity supply of a chemical complex during a severe breakdown in the power system**

p. 79

DC 621.311.1.001.5

A. Stănculescu : **Calculation method for the determination of the minimal number of selected elements in statistical distributions**

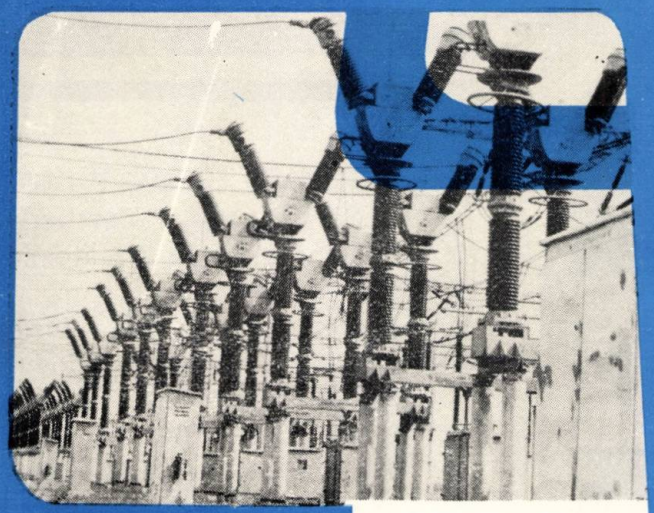
p. 82

CHRONICS

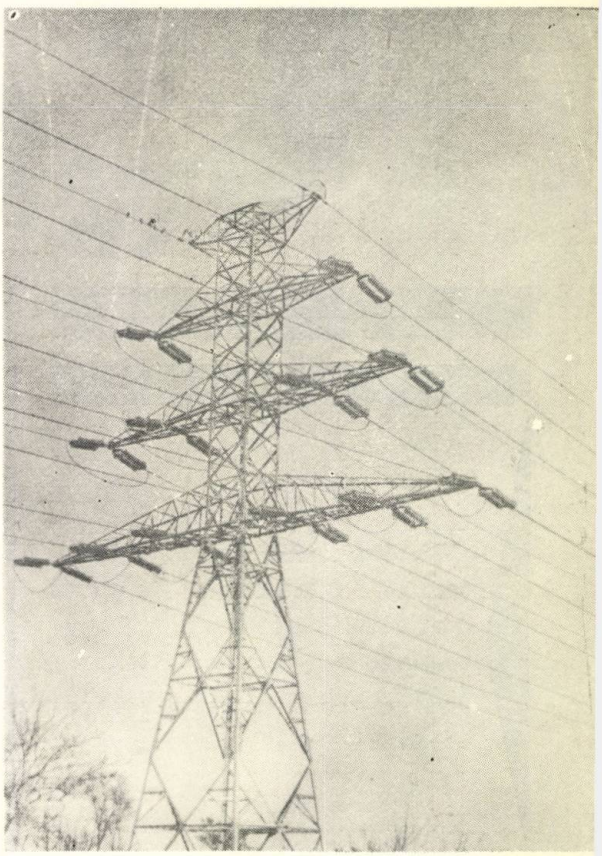
C. Ostap and *M. Caba:* **80 years since the commissioning of the Jassy Electrical Enterprise**

p. 86

I.R.E. IAȘI



ASIGURĂ solicitanţilor proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor necesare pentru alimentarea cu energie electrică în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.



SIGURĂ alimentarea cu energie elec-
ică din sistemul energetic naţional a
uror consumatorilor din judeţele
şi şi Vaslui, în condiţii de siguranţă
de calitate.
stalaţiile sale de transport, transfor-
are şi distribuţie dispun de echipa-
ente moderne şi sînt exploatate la un
alt grad de tehnicitate.

TREPRINDEREA DE REȚELE ELECTRICE IAȘI

Str Uzinei nr. 38

SERVICIILE ÎNTREPRINDERII STAU LA DISPOZIȚIA SOLICITANTILOR PENTRU REZOLVAREA TUTUROR PROBLEMELOR PRIVIND ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICĂ

I.R.E.

I A Ş I

1980 AUG 7

ASIGURĂ, prin LICEUL INDUSTRI
nr. 2 IAŞI, pregătirea elevilor pent
sectorul energetic în următoarele p
filuri şi specialităţi :

- Electrotehnică, mecanică şi
construcţii în treapta I de liceu ;
- Electroenergetică, mecanoene
getică în treapta a II-a liceală ;
- Electroenergetică în cadrul şc
lii profesionale cu absolvenţi a zec
clase.

Liceul dispune de o bază materială foarte bună, precum şi de posibilităţi de cazare pentru toţi solicitanţii.
Toţi absolvenţii obţin repartiţie în producţie.

Liceul industrial nr. 2 Iaşi
Bd. Socola nr. 188-190

E 2039

MW

3

VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
MARTIE 1980

energetica

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ȘI AL CONSILIULUI NAȚIONAL AL INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR
DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 3 martie

Cuprinsul

		Pag.
C. Oancea, D. Badea și V. Bădescu	**Metodă de proiectare pentru determinarea ariei necesare de captare a energiei solare în vederea preparării apei calde**	97—103
L. Mihăescu	**Cercetări asupra posibilităților de ardere a combustibililor solizi inferiori sub formă pulverizată, cu arzătoare de tip turbionar**	104—112
I. Bilegan	**Tuburi termice din aluminiu pentru schimbătoare de căldură**	112—116
V. Vărzaru	**Posibilități de utilizare a opacimetrelor la cazanele energetice alimentate cu păcură**	117—121
E. Potolea	**Echivalarea și estimarea în calculul rețelelor electroenergetice**	121—131
Fl. Predan și D. Caraivan	**Stabilirea nivelului optim de reducere a consumului tehnologic în rețelele de transport și distribuție dintr-o zonă geografică**	132—134
Gh. Cîrțină	**Asupra variației conforme a puterilor active și reactive în rețelele electrice**	135—138
B. Georgescu, B. Guzun și P. Rașcu	**Separatorul cu gabarit constant asigură o optimizare a construcției stațiilor electrice interioare de 110 kV**	138—145
Gh. Ijac, M. Diaconescu ș.a.	**Cercetări experimentale privind mărirea stabilității în funcționare și optimizarea unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone**	146—148

RECENZII

**Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific al
Institutului central de cercetări energetice**

Metodă de proiectare pentru determinarea ariei necesare de captare a energiei solare în vederea preparării apei calde

Conf. dr. ing. **C. Oancea**
Ing. **D. Badea**
Ing. **V. Bădescu** *)

La proiectarea și construcția instalațiilor solare este deosebit de utilă folosirea unei metode cît mai simple de calcul a ariei suprafeței de captare. Lucrarea de față urmărește stabilirea unei astfel de metode, bazată pe analiza fenomenelor complexe care au loc într-un insolator în procesul de captare și conversie a energiei solare în energie termică. Scopul principal a fost atît evidențierea clară a principalilor factori care intervin în acest proces, cît și obținerea unei operativități ridicate de calcul.

Determinarea ariei de captare, care constituie o problemă esențială în proiectarea instalațiilor solare, implică în principal o corelare a debitului de agent termic, a temperaturii lui de utilizare, a nivelului de radiație solară, cît și a particularităților constructive și funcționale ale insolatorului.

Considerațiile teoretice făcute în această lucrare au la bază modelul fizico-matematic Hottel-Whillier-Bliss al insolatorului, consacrat în energetica solară [1], [6].

1. Calculul ariei de captare

Să considerăm un insolator cu apă (fig. 1), format în principal din: placa absorbantă înnegrită *2*, cu țevile pentru circulația apei *3*, învelișul transparent *1*, izolația *4* și carcasa *5*.

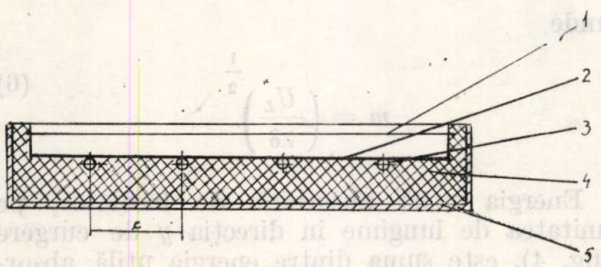


Fig. 1

Radiația solară globală străbate învelișul transparent *1* și ajunge în proporție de 80—90% pe placa absorbantă *2*. Energia radiației absorbite, convertită în energie termică, este transferată fluidului purtător de căldură care circulă prin țevile *3*.

La trecerea prin învelișul transparent, intensitatea radiației incidente se micșorează, datorită, pe de o parte, reflexiei și difuziei luminii pe fața exterioară a acestuia, iar pe de altă parte absorbției în masa învelișului.

Placa absorbantă, sub acțiunea radiației solare, se încălzește, devenind astfel atît o sursă de căldură (care în principal se transferă fluidului de lucru care circulă prin țevile *3* și, în mai mică măsură, se pierde convectiv în spațiul dintre placă și înveliș), cît și o sursă de radiație termică difuză. Radiația emisă de placa absorbantă este aproape în întregime reflectată de către învelișul transparent, restul fiind transmisă prin înveliș sau absorbită de acesta, contribuind astfel, alături de fracțiunea absorbită din radiația incidentă, la creșterea temperaturii sale. Cantitatea de radiație emisă de înveliș se îndreaptă, în mod aproape egal, către placa absorbantă și, respectiv, către mediul ambiant.

Ținînd seama de aceste considerații fenomenologice, în cele ce urmează se va prezenta modelul Hottel-Whillier-Bliss.

Rezultatele obținute în cadrul modelului sînt valabile pentru orice gen de țevi și orice dispunere a acestora (deasupra sau dedesubtul plăcii absorbante) [1]. În continuare se prezintă, sub formă analitică, bilanțurile energetice de bază ale insolatorului, în ipoteza regimului staționar.

În acest caz, ecuația de bilanț energetic în unitatea de timp pentru suprafața absorbantă este:

$$G_a = q_c + q_p, \qquad (1)$$

unde

G_a este energia radiației absorbite în unitatea de timp pe unitatea de suprafață (W/m^2) sau iradianța solară pe placa absorbantă;

q_c — energia termică acumulată și transmisă conductiv prin placa absorbantă;

q_p — energia termică pierdută către mediul ambiant.

Să considerăm insolatorul cu placa absorbantă de grosime δ (fig. 2), distanța dintre centrele țevilor c și diametrul exterior al țevilor d. Delimităm o suprafață elementară de lățime dx (fig. 3) și lungime unitară în sensul curgerii fluidului de lucru. Ecuația de bilanț energetic (1) în unitatea de timp pentru această suprafață devine:

$$G_a\,dx = \left[(-\lambda\delta)\frac{dT}{dx}\bigg|_{x+dx} - (-\lambda\delta)\frac{dT}{dx}\bigg|_{x} \right] + U_L(T - T_a)\,dx, \qquad (2)$$

*) Dr. ing. Candida Oancea este conferențiar la Institutul politehnic București, Catedra de fizică, și membru al Asociației internaționale de folosire a energiei solare (COMPLES); ing. Dan Badea lucrează la C.A.T.C. Jilava; ing. Viorel Bădescu lucrează la I.F.A. Viscofil—București.

în care

T_a este temperatura ambiantă, K;
T — temperatura în punctul considerat de pe placa absorbantă, K;

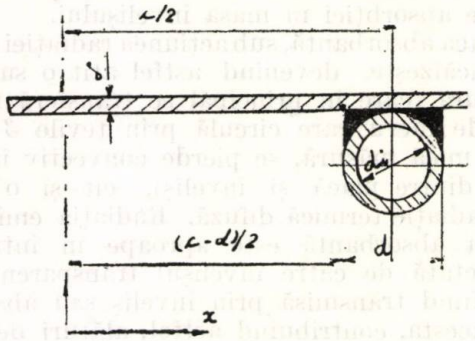


Fig. 2

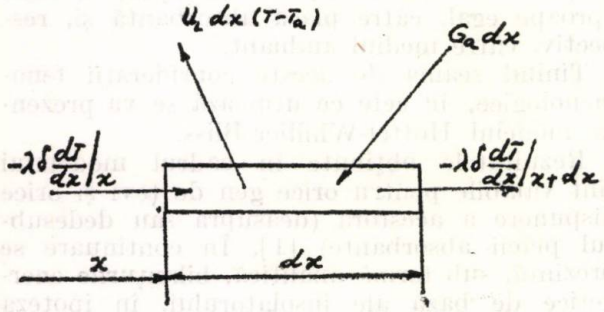


Fig. 3

λ — conductivitatea termică a plăcii absorbante, W/mK;
U_L — coeficientul total de pierderi termice, care are expresia [1]:

$$U_L = \frac{\lambda^*}{L^*} + \left(\frac{N}{\frac{344}{T_p}[(T_p - T_a)/(N+f)]^{0,31}} + \frac{1}{h_w} \right)^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)\,(T_p^2 + T_a^2)}{[\varepsilon_p + 0{,}0425\,N(1-\varepsilon_p)]^{-1} + \frac{2N+f-1}{\varepsilon_g} - N}, \quad (3)$$

unde

λ^* este conductivitatea termică a izolației, W/mK;
L^* — grosimea izolației, m;
N — numărul de învelișuri transparente ale insolatorului;
ε_g — emisivitatea învelișului transparent;
ε_p — emisivitatea plăcii absorbante;
σ — constanta Stefan-Boltzmann,

$$\sigma = 1{,}38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K};$$

T_p — temperatura plăcii absorbante, K;

$$f = (1 + 0{,}04 h_w + 5 \cdot 10^{-4} h_w^2)(1 + 0{,}058\,N),$$

în care h_w este coeficientul de pierderi datorate vîntului, avînd expresia:

$$h_w = 5{,}7 + 3{,}8\,w,$$

w fiind viteza vîntului, m/s.

Coeficientul total de pierderi înglobează pierderile prin izolație (primul termen), pierderile conductiv-convective referitoare la învelișul transparent (al doilea termen) și pierderile radiative ale plăcii absorbante și învelișului transparent (ultimul termen).

Prelucrînd relația (2), se obține:

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{U_L}{\lambda\delta}\left(T - T_a - \frac{G_a}{U_L}\right) \quad (2')$$

și ținînd seamă de condițiile la limită:

$$\left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=0} = 0, \quad T\Big|_{x=\frac{c-d}{2}} = T_b, \quad (4)$$

în care T_b este temperatura plăcii absorbante în zona contactului cu țeava (fig. 2), soluția ecuației (2') este:

$$\frac{T - T_a - G_a/U_L}{T_b - T_a - G_a/U_L} = \frac{\operatorname{ch} mx}{\operatorname{ch}\frac{m(c-d)}{2}}, \quad (5)$$

unde

$$m = \left(\frac{U_L}{\lambda\delta}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Energia utilă absorbită de insolator, pe unitatea de lungime în direcția y de curgere (fig. 4), este suma dintre energia utilă absorbită în zona dintre tuburi (a) și cea absorbită în zona tuburilor (b).

$$q_u = q_a + q_b \quad (7)$$

Aplicînd legea lui Fourier pentru cele două zone (a):

$$q_a = -2\lambda\delta \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=\frac{c-d}{2}} \quad (8)$$

și ținînd seamă de (4), se obține :

$$q_a = (c-d)\,[G_a - U_L(T_b - T_a)]\,\frac{\text{th}\,\dfrac{m(c-d)}{2}}{\dfrac{m\,(c-d)}{2}} \tag{9}$$

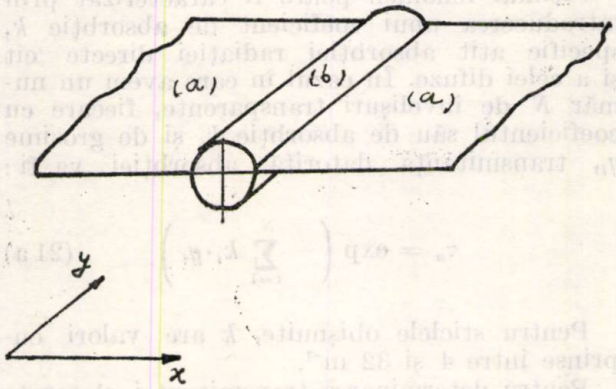


Fig. 4

Se notează cu

$$F = \frac{\text{th}\,\dfrac{m(c-d)}{2}}{\dfrac{m(c-d)}{2}} \tag{10}$$

expresia care reprezintă randamentul plăcii absorbante în zona (a) [1]. Acest randament corespunde raportului între energia termică pierdută și cea care s-ar pierde în cazul în care zona (a) a plăcii absorbante s-ar menține la o temperatură constantă și egală cu temperatura locală a fluidului.

Folosind (10), relația (9) ia forma :

$$q_a = (c-d)F[G_a - U_L(T_b - T_a)] \tag{9'}$$

Printr-un calcul similar se obține și energia utilă absorbită pe unitatea de lungime în direcția de curgere y, în regiunea unui tub oarecare :

$$q_b = d\,[G_a - U_L(T_b - T_a)] \tag{11}$$

Ținînd seamă de relațiile (7), (9) și (11), energia utilă absorbită de placa absorbantă, pe unitatea de lungime în direcția de curgere este :

$$q_u = [(c-d)\,F + d][G_a - U_L\,(T_b - T_a)] \tag{12}$$

Această energie este transmisă fluidului de lucru. Considerînd o bună conductanță la contactul între țeavă și placa absorbantă, relația de transfer termic convectiv aplicată în acest caz este :

$$q_u = \pi\, d_i\, \alpha_c\, (T_b - T_f), \tag{13}$$

în care α_c este coeficientul de transfer termic de la peretele țevii la fluid (W/m²·K), T_f — temperatura fluidului (K) și d_i — diametrul interior al țevii (m).

Eliminînd pe T_b din relația (12) și (13), rezultă :

$$q_u = c\,F'\,[G_a - U_L(T_f - T_a)] \tag{14}$$

unde :

$$F' = \frac{\dfrac{1}{U_L}}{c\left[\dfrac{1}{U_L[d + (c-d)F]} + \dfrac{1}{\pi d_i\,\alpha_c}\right]}, \tag{15}$$

care reprezintă tocmai randamentul întregii plăci absorbante [1] (raportul dintre energia utilă absorbită de placă și energia utilă absorbită dacă placa absorbantă s-ar fi găsit la o temperatură constantă și egală cu temperatura locală a fluidului).

Considerînd că pe placa absorbantă sînt dispuse n țevi de lungime L, rezultă :

$$\dot{Q}_u = n\,c\,L\,F'[G_a - U_L(T_f - T_a)] \tag{16}$$

Se observă că $cn = l$ este lățimea plăcii absorbante și deci

$$\dot{Q}_u = A_c\,F'[G_a - U_L(T_f - T_a)], \tag{16'}$$

de unde se obține aria de captare :

$$A_c = \frac{\dot{Q}_u}{F'[G_a - U_L(T_f - T_a)]} \tag{17}$$

Dar $\dot{Q}_u$ poate fi exprimat în funcție de condițiile de lucru ale insolatorului, adică

$$\dot{Q}_u = \dot{m}\,c_p(Tf_u - Tf_i) + \dot{Q}_c, \tag{18}$$

în care

$\dot{m}$ este debitul de apă caldă, kg/s) ;
c_p — căldura specifică la presiune constantă a agentului termic, J/kg·K) ;
T_{fu}, Tf_i — temperaturile de utilizare, respectiv de intrare în insolatoare a agentului termic, K ;

$\dot{Q}_c$ — pierderile de căldură în unitatea de timp, în circuitul de utilizare.

2. Raționalizarea calculului ariei de captare

Relația (17) este greu de utilizat ca atare în proiectare, bazîndu-se pe formule de calcul complicate pentru F' și U_L.

În acest sens propunem folosirea unei relații de forma :

$$A_c = \beta \frac{Q_u}{F'G_a}, \qquad (19)$$

care să păstreze structura relației (17).

Identificînd (17) cu (18), rezultă

$$\beta = \frac{1}{1 - \frac{U_L}{G_a}(Tf - T_a)} \qquad (20)$$

Analizînd relația (19), s-a ajuns la concluzia că, în aproximații verificate experimental, β este determinat de factorii care afectează în principal funcționarea insolatorului.

Pentru calculul lui β, esențial este coeficientul total de pierderi termice U_L(3), care este determinat (relația 3) de conductivitatea termică și grosimea izolației, de numărul de învelișuri transparente, de temperatura plăcii absorbante, de temperatura ambiantă, de emisivitățile învelișului transparent și a plăcii absorbante.

Calculîndu-se coeficientul total de pierderi termice U_L în situațiile mai des întîlnite, pentru sezonul cald (aprilie — septembrie), s-a observat că are, în general, valori apropiate de $7 \frac{W}{m^2K}$ pentru insolatoare cu un singur înveliș transparent, respectiv de $4 \frac{W}{m^2K}$ pentru insolatoarele cu două învelișuri transparente. Aceste date sînt confirmate și de alte date din literatura de specialitate [1].

Ținînd seama, pentru perioada menționată, de intensitatea medie a radiației solare, de temperaturile ambiante medii lunare și considerînd că, în timpul funcționării insolatorului destinat a încălzi apa la 65—70°C, temperatura medie a fluidului este de 40°C [3], [4], [5], [6], [7], s-au calculat :

a) Energia absorbită în unitatea de timp și pe unitatea de suprafață a plăcii absorbante [1].

Vom analiza pentru aceasta corelația dintre fenomenul de transmisie a luminii prin învelișul transparent și fenomenul de captare a radiației pe placa absorbantă.

Micșorarea energiei incidente a radiației electromagnetice la trecerea printr-un înveliș transparent (trecere caracterizată prin factorul subunitar τ, denumit transmitanță) se datorește, în esență, următoarelor două fenomene : primul este reflexia parțială pe care o suferă radiația la suprafața de separație dintre învelișul transparent și aer, iar al doilea este absorbția unei fracții din energia radiației, la trecerea acesteia prin substanța învelișului transparent.

Ultimul fenomen poate fi caracterizat prin introducerea unui coeficient de absorbție k, specific atît absorbției radiației directe cît și a celei difuze. În cazul în care avem un număr N de învelișuri transparente, fiecare cu coeficientul său de absorbție k_i și de grosime g_i, transmitanța datorită absorbției va fi :

$$\tau_a = \exp\left(-\sum_{i=1}^{N} k_i \cdot g_i\right) \qquad (21\,a)$$

Pentru sticlele obișnuite, k are valori cuprinse între 4 și 32 m^{-1}.

Pentru determinarea transmitanței datorate reflexiei, τ_r, se folosește o expresie dedusă teoretic pentru cazul radiației directe, care ține seama de posibilitatea existenței mai multor învelișuri transparente, presupuse toate avînd aceeași reflectanță, ρ :

$$\tau_r = \frac{1 - \rho}{1 + (2N - 1)\rho} \qquad (21\,b)$$

Transmitanța totală, τ, va avea expresia :

$$\tau = \tau_a \cdot \tau_r \qquad (21\,c)$$

Energia transmisă prin învelișul transparent și captată de placa absorbantă va avea expresia $(\tau\alpha) \cdot G$, unde α este absorbanța acestei plăci. Pentru a ține seama și de efectul radiației difuze asupra transmitanței, care a fost neglijat în expresia (21 b), s-a introdus coeficientul empiric ρ_d, cu ajutorul căruia energia absorbită are expresia :

$$G_a = \frac{\tau\alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_d} G \qquad (21)$$

unde ρ_d = 0,16 pentru un înveliș
= 0,24 pentru două învelișuri

b) Diferența medie lunară de temperatură :

$$\Delta T = T_f - T_a,$$

unde

T_f este temperatura medie a fluidului (K);
T_a — temperatura ambiantă medie lunară (K).

c) Coeficientul total de pierderi termice U_L, conform relației (3), pentru izolații din poliuretan, vată de sticlă și polistiren expandat, de grosimi 45 mm, respectiv 50 mm, în general folosite [1], [2], [3], [4]. S-au obținut valori medii lunare ale coeficientului β, pentru sezonul cald, în cazul insolatoarelor cu un singur înveliș transparent (tabelul 1) și cu două învelișuri transparente (tabelul 2).

Tabelul 1

Coeficientul β

Mărimea \ Luna	Aprilie	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie
G_a(W/m²)	385	424	434	494	487	410
T_a(°C)	14	19	23	27	26	21
$\Delta T = T_f - T_a$	26	21	17	13	14	19
Izolație : poliuretan, grosime 45 mm						
U_L	6,964	6,917	6,863	6,780	6,801	6,885
β	1,88	1,52	1,36	1,21	1,24	1,46
Izolație : vată de sticlă (polistiren expandat), grosime 50 mm						
U_L	7,144	7,097	7,043	6,960	6,981	7,065
β	1,93	1,54	1,38	1,22	1,25	1,48

$N = 1$
$T_f = 40$°C
$w = 5$ m/s

Tabelul 2

Coeficientul β

Mărimea \ Luna	Aprilie	Mai	Iunie	Iulie	August	Septembrie
G_a(W/m²)	351	388	397	451	445	375
T_a(°C)	14	19	23	27	26	21
$T_f - T_a$	26	21	17	13	14	19
Izolație : poliuretan, grosime 45 mm						
U_L	3,904	3,893	3,856	3,839	3,854	3,883
β	1,40	1,26	1,19	1,12	1,13	1,24
Izolație : vată de sticlă (polistiren expandat) grosime 50 mm						
U_L	4,084	4,073	4,036	4,019	4,034	4,063
β	1,43	1,28	1,20	1,13	1,14	1,25

$N = 2$
$T_f = 40$°C
$w = 5$ m/s

Valoarea medie a lui β pentru întreg sezonul cald este de 1,45 (un singur înveliș transparent) și, respectiv, 1,20 (două învelișuri transparente).

Valorile obținute au fost calculate ținînd seamă de condițiile meteoclimatice specifice Bucureștiului, dar ele pot fi acceptate cu aproximații mulțumitoare și pentru celelalte județe.

Pentru calculul lui F', în afară de coeficientul total de pierderi termice, U_L, cu valorile medii menționate mai sus, se ține seama de coeficientul de transfer termic convectiv α_c, care poate fi mediat în jurul valorii de $1500 \frac{W}{m^2K}$, acceptabilă pentru cazul circulației forțate a agentului termic [1].

Randamentul plăcii absorbante F' este determinat, în primul rînd, de factorul F și mai puțin de raportul $\frac{U_L}{\alpha_c}$. Factorul F depinde puțin de temperatura fluidului și mai mult de conductivitatea termică și grosimea plăcii absorbante și de raportul dintre distanța între centrele țevilor și diametrul lor, $\frac{c}{d}$.

Astfel, pentru calculul lui F' s-a folosit relația simplificată :

$$F' = \frac{1}{\frac{c}{d}\left[\frac{1}{1+\left(\frac{c}{d}-1\right)F} + \frac{(U_L)_m}{\pi(\alpha_c)_m}\right]}$$

unde

$$F = \frac{\text{th}\,\frac{d}{2}\left(\frac{U_{Lm}}{\lambda\delta}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{c}{d}-1\right)}{\frac{d}{2}\left(\frac{U_{Lm}}{\lambda\delta}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{c}{d}-1\right)}$$

iar $(U_L)_m$ și $(\alpha_c)_m$ sînt valorile medii precizate mai sus.

Se observă că F' devine funcție numai de diametrul țevilor, de distanța dintre centrele țevilor și de produsul dintre conductivitatea termică și grosimea plăcii absorbante $\lambda\delta$, ceea ce ușurează tabelarea valorilor lui funcție numai de d, $\frac{c}{d}$ și $\lambda\delta$ (tabelele 3 și 4).

În tabelele 3 și 4 se găsesc valori ale lui F' practic pentru toată gama de materiale și grosimi folosite în construcția plăcii absorbante, reprezentate de produsul $\lambda\delta$ (care variază între limitele 0,005 — 0,4, respectiv între cazul plăcii din oțel, cu grosime de 0,1 mm, și cazul plăcii din cupru, de grosime 1,0 mm [1]).

Această modalitate de a tabela valorile lui F' dă posibilitatea proiectantului de a analiza rapid influența unor elemente constructive (materialul și grosimea plăcii absorbante, diametrul țevilor, distanța dintre țevi) asupra performanței insolatorului.

Astfel, pornind de la datele inițiale de proiectare reprezentate de: numărul de învelișuri transparente N, iradianța solară G, transmitanța învelișului transparent τ, absorbanța plăcii absorbante α, temperatura de utilizare, respectiv de intrare a agentului termic T_{fu}, T_{fi}, debitul de agent termic $\dot{m}$, grosimea și conductivitatea termică a plăcii absorbante și diametrul țevilor, cu valoarea raportului $\frac{c}{d}$ aleasă, se poate calcula ușor și rapid, pe baza formulei (19) și cu ajutorul tabelelor 1, 2, 3, 4, aria necesară de colectare.

3. Exemplu de calcul

Să se calculeze aria de captare a energiei solare pentru o instalație de preparare a apei calde, care să funcționeze în perioada aprilie-septembrie și care urmează să acopere necesarul unei familii compusă din 5 persoane.

Se consideră că fiecare persoană consumă zilnic în medie 60 l, iar temperatura de utilizare a apei calde este de 60°C. Admițind că în intervalul de timp menționat se contează în medie pe 8 ore de folosire eficientă a energiei solare, urmează că pentru întreaga familie cantitatea de apă va fi $60 \times 5 = 300$ l, iar debitul masic

$$\dot{m} = \frac{300}{8} = 3{,}75 \text{ kg/h}$$

Se dau:

— Temperatura de intrare a apei în insolator, $T_{fi} = 15°C$.

— Valoarea medie a iradianței solare totale pe insolatoare, în intervalul 1 aprilie — 1 octombrie în București [5]: $G = 505$ W/m².

Insolatoarele prezintă următoarele caracteristici de construcție și material:

— un singur înveliș transparent de sticlă, cu transmitanța $\tau = 0{,}84$;

— placă absorbantă din oțel, de grosime $\delta = 1 \cdot 10^{-3}$ m; cu absorbanța $\alpha = 0{,}92$ și coeficientul de conductivitate termică $\lambda = 47{,}6$ W/mK;

— diametrul țevilor $10 \cdot 10^{-3}$ m, iar distanța între țevi $c = 50 \cdot 10^{-3}$ m;

— izolația din poliuretan cu grosimea de 45 mm.

Rezolvare

Aria de captare, A_c, se calculează conform relației (19):

$$A_c = \beta \frac{\dot{Q}_u}{F' G_a}$$

Energia absorbită în unitatea de timp pe unitatea de suprafață a plăcii absorbante, G_a, se obține din expresia (21):

$$G_a = G \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha)\rho_d} = 505 \frac{0{,}84 \cdot 0{,}92}{1 - (1 - 0{,}92)\,0{,}16} =$$

$$= 384{,}81 \text{ W/m}^2$$

Debitul caloric necesar la consumator se calculează conform relației (18), în care, pentru simplificarea calculului, vom neglija termenul $\dot{Q}_c$

$$\dot{Q}_u = \dot{m}\, c_p (T_{fu} - T_{fi}) = \frac{37{,}5}{3600} \cdot 4186{,}8\ (60 - 15) = 1962{,}56 \text{W}$$

F' se determină cu ajutorul tabelului 3, calculînd

$$\lambda d = 47{,}6 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 0{,}0476 \text{ W/K}$$

Tabelul 3

Randamentul plăcii absorbante, F'

c/d \ $\lambda\delta$	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,20	0,40
$d = 10 \times 10^{-3}$ m												
2,5	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5	0,87	0,92	0,94	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99
10	0,59	0,72	0,78	0,82	0,85	0,87	0,89	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97
15	0,41	0,54	0,61	0,67	0,71	0,74	0,78	0,84	0,87	0,88	0,93	0,95
20	0,31	0,41	0,49	0,54	0,58	0,62	0,68	0,75	0,79	0,82	0,89	0,92
$d = 15 \times 10^{-3}$ m												
2,5	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5	0,77	0,86	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
10	0,45	0,57	0,65	0,70	0,73	0,76	0,80	0,85	0,88	0,90	0,94	0,96
15	0,30	0,39	0,46	0,51	0,56	0,59	0,65	0,72	0,77	0,80	0,88	0,92
20	0,22	0,29	0,35	0,40	0,43	0,47	0,52	0,60	0,65	0,69	0,80	0,88
$d = 20 \times 10^{-3}$ m												
2,5	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5	0,68	0,78	0,84	0,87	0,89	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98
10	0,36	0,46	0,54	0,59	0,63	0,67	0,72	0,78	0,82	0,85	0,91	0,94
15	0,24	0,31	0,37	0,41	0,45	0,48	0,54	0,61	0,67	0,71	0,81	0,88
20	0,18	0,23	0,27	0,31	0,34	0,37	0,41	0,49	0,54	0,59	0,72	0,82

$N = 1$
$U_L = 7$ W/m²°K
$\alpha_c = 1500$ W/m²°K

Tabelul 4

Randamentul plăcii absorbante, F'

c/d \ $\lambda\delta$	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,20	0,40
					$d = 10 \times 10^{-3}$ m							
2,5	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5	0,92	0,95	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
10	0,70	0,81	0,86	0,88	0,90	0,92	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98
15	0,49	0,62	0,70	0,75	0,78	0,81	0,84	0,88	0,91	0,92	0,95	0,97
20	0,39	0,52	0,60	0,66	0,70	0,73	0,78	0,83	0,86	0,88	0,93	0,95
					$d = 15 \times 10^{-3}$ m							
2,5	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5	0,84	0,91	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
10	0,57	0,67	0,74	0,79	0,82	0,84	0,87	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97
15	0,37	0,49	0,57	0,62	0,67	0,70	0,78	0,81	0,85	0,87	0,92	0,95
20	0,28	0,37	0,44	0,50	0,54	0,58	0,68	0,71	0,76	0,79	0,87	0,92
					$d = 20 \times 10^{-3}$ m							
2,5	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
5	0,77	0,86	0,89	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99
10	0,44	0,57	0,64	0,70	0,73	0,76	0,81	0,86	0,88	0,90	0,94	0,97
15	0,30	0,38	0,46	0,51	0,56	0,59	0,65	0,72	0,77	0,80	0,88	0,93
20	0,22	0,29	0,35	0,39	0,40	0,46	0,52	0,60	0,66	0,70	0,81	0,88

$N = 2$
$U_L = 4$ W/m²°K
$\alpha_e = 1500$ W/m²°K

și

$$\frac{c}{d} = \frac{50 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 5$$

rezultă $F' = 0,97$.

Valoarea medie β pentru perioada de timp considerată, pentru insolatorul cu un singur înveliș transparent și o izolație de poliuretan de grosime 45 mm, se obține din tabelul 1:

$$\beta = 1,45$$

Rezultă că aria de captare, A_c, va fi:

$$A_c = \beta \frac{\dot{Q}_u}{F' G_a} = 1,45 \frac{1962,56}{0,97 \cdot 384,81} = 7,62 \text{ m}^2$$

Bibliografie

[1] Duffie, J. A. și Beckman, W. A. *Solar Energy Thermal Processes*, 1974. John Wiley & Sons, New York, London, Sydney, Toronto.

[2] * * * *A catalogue of solar energy collectors for low temperature heating and cooling applications*, 1978. Franklin Institute, G.m.b.H. München.

[3] * * * Aluminium, Ian. 1977.

[4] * * * Realizări INCREST în domeniul conversiei heliotermice, prospect.

[5] * * * I.C.C.P.E.C. *Metodă de dimensionare a instalațiilor de preparare a apei calde de consum cu ajutorul energiei solare*, INCERC, aprilie 1979.

[6] * * * *A flate plate solar collector and their application to dwellings.* Commission of the european Communities. Study contract no. 207—75—9 EcT DK, Copenhagen, 8th February 1976.

[7] Cabirol, T., Pelisson, A. și Roux, D. *Le chauffe-eau solaire et l'insolateur plan à effet de serre.* Edisud, Aix-en-Provence, 1976.

[8] Francia G. s.c. *Expériences sur un réservoir d'eau chaude à utilisation totale avec sortie à temperature controlée*, COMPLES, no. 20, p. 15, Juillet 1971.

(Articol intrat în redacție la 13 august 1979)

Cercetări asupra posibilităților de ardere a combustibililor solizi inferiori sub formă pulverizată, cu arzătoare de tip turbionar

Ing. L. Mihăescu *)

Dezvoltate inițial pentru arderea cărbunilor superiori (antracit și huile), arzătoarele de tip turbionar au început în ultimul timp să echipeze și focarele cazanelor ce folosesc lignit și șist bituminos. Această tendință a apărut datorită acelorași caracteristici ce le-au impus arderii cărbunilor superiori, și anume: aprindere ușurată datorită aducerii de gaze fierbinți la gura arzătorului prin zona de recirculare internă, traiectorii mai lungi de ardere în cadrul unei flăcări mai scurte, posibilități de reglare mai largă a interacțiunii jeturilor de agent primar și combustibil cu jetul de aer secundar prin modificarea gradului de turbionare și a poziției conului deflector.

În funcție de mărimea instalației, focarele cazanelor pot fi echipate cu unul sau mai multe arzătoare turbionare. Acestea sînt amplasate fie pe peretele frontal al focarului, fie pe pereții laterali.

Pentru focarele cu mai multe arzătoare turbionare, în funcție de distanța dintre ele poate apărea o interacțiune a jeturilor, fenomen ce modifică structura flăcării, față de cazul existenței unui singur arzător. Important este sensul de rotație relativă a jeturilor (între ele).

Experimentările cercetătorilor sovietici, cu jeturi rotaționale interacționate, au arătat o însumare vectorială a cîmpului de viteze (se face mențiunea că aceste experimentări s-au făcut în condiții de reconsiderare a influenței pereților focarului).

Amplasarea arzătoarelor în triunghi sau dreptunghi, în funcție de sensul relativ de rotație al jeturilor, creează direcții preferențiate pentru curgerea axială în ansamblu.

Articolul de față este o continuare a cercetărilor expuse în lucrarea [1], fenomenul de ardere fiind studiat cu ajutorul a două tipuri de arzătoare turbionare (focarul experimental a fost echipat cu un singur arzător).

1. Prezentarea instalației experimentale și a problemelor cercetate

Cercetările la cald s-au efectuat pe focarul experimental pentru arderea combustibilului solid sub formă pulverizată de la catedra „Cazane și turbine" din cadrul Institutului politehnic București, focar ale cărui dimensiuni sînt prezentate în figura 1 [2].

*) Ing. Lucian Mihăescu este cadru didactic la catedra „Cazane și turbine", Institutul politehnic București.

Evoluția procesului de ardere a fost studiată prin măsurarea cîmpului de temperaturi în lungul traseului focarului cu ajutorul unor termocuple cu aspirație, locul lor de amplasare fiind notat cu punctele $T_1 - T_4$ și prin urmărirea nearselor din punct de vedere mecanic la finele focarului și la pîlnia de evacuare a zgurii. S-au făcut măsurători și privind influența gradului de recirculare de gaze de ardere de la finele focarului asupra arderii.

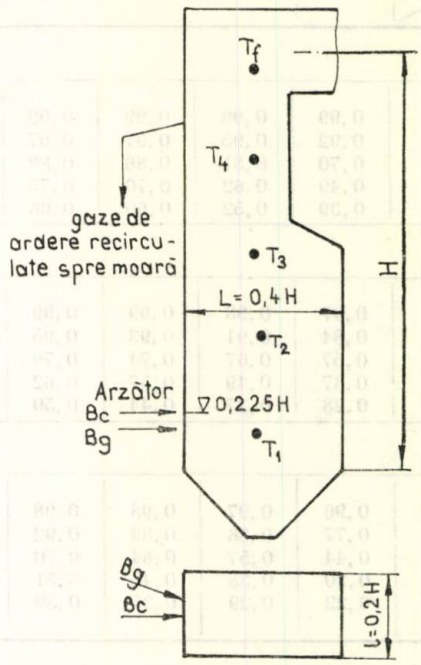


Fig. 1. Amplasarea relativă a punctelor de măsură a temperaturii față de înălțimea focarului experimental, H.
Locul de montare al termocuplelor
T_1 — înălțimea 0,171 H; T_2 — înălțimea 0,31 H;
T_3 — înălțimea 0,428 H; T_4 — înălțimea 0,733 H.

Focarul este prevăzut cu o schemă de preparare a prafului de combustibil solid de tipul cu insuflare directă cu moară-ventilator, cu reglaj prin turația morii. Moara este proiectată pentru a măcina lignit cu o putere calorică inferioară de 1750 kcal/kg.

Debitul de combustibil solid s-a notat cu B_c, iar cel de combustibil gazos de aport cu B_g.

Experimentările s-au efectuat cu două tipuri de arzătoare, prezentate în figurile 2 și 3. Arzătorul din figura 2, notat în continuare „arzătorul A", are jetul de agent primar și combustibil turbionat, jet încadrat în spre axa de rotație și spre periferie de aer secundar turbionat în sens contrar. Poziția plăcuțelor de turbionare și unghiul de așezare a acestora se poate regla numai prin demontarea arzătorului. Introducerea aerului secundar interior se poate face reglabil în lungul direcției axiale, pe parcursul a 150 mm. În funcție de sarcina utilizată, viteza de ieșire a agentului primar și combustibil a variat între

25 — 55 m/s, iar a aerului secundar între 20 — 50 m/s.

Arzătorul din figura 3, notat în continuare „arzătorul *B*", cu introducerea axială a combustibilului și turbionarea numai a aerului secundar exterior, a permis, în funcție de sarcina instalației, obținerea unor viteze axiale cuprinse pentru agentul primar între 16—35 m/s, iar pentru aerul secundar între 20—40 m/s.

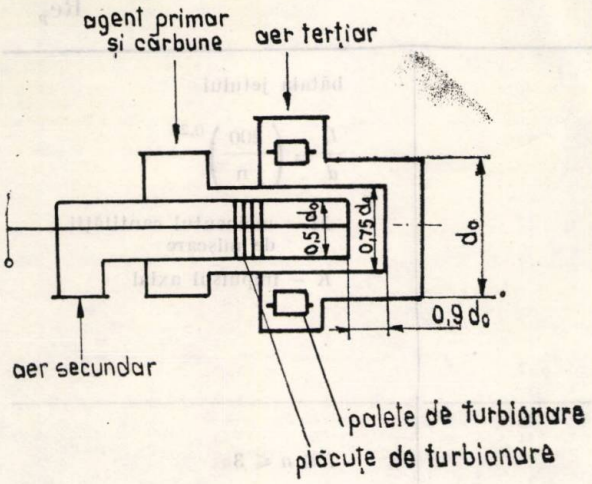


Fig. 2. Arzător experimental cu triplă turbionare (arzătorul *A*).

Ambele arzătoare au același diametru al ajutajului exterior de refulare, și anume d_0.

Combustibilul utilizat a fost șist bituminos din bazinul Banat, cu caracteristicile prezentate în lucrările [3], [4] (putere calorică inferioară $Q_i^i = 954 - 1630$ kcal/kg) și lignit din bazinul Doicești (putere calorică inferioară $Q_i^i = 1750 - 2250$ kcal/kg). Utilizarea unor combustibili solizi de diverse greutăți specifice, dar toți cu puteri calorice reduse, a permis tragerea unor concluzii privind legătura dintre finețea de măcinare, greutatea specifică și gradul optim de turbionare, așa cum se va vedea în continuare.

2. Influența parametrilor constructivi și funcționali ai arzătoarelor asupra evoluției procesului de ardere

Experiențele au arătat necesitatea încadrării între anumite limite a gradului de turbionare, ca urmare a centrifugării particulelor de combustibil, turbionarea optimă rămînînd în domeniul numit „turbionare ușoară"

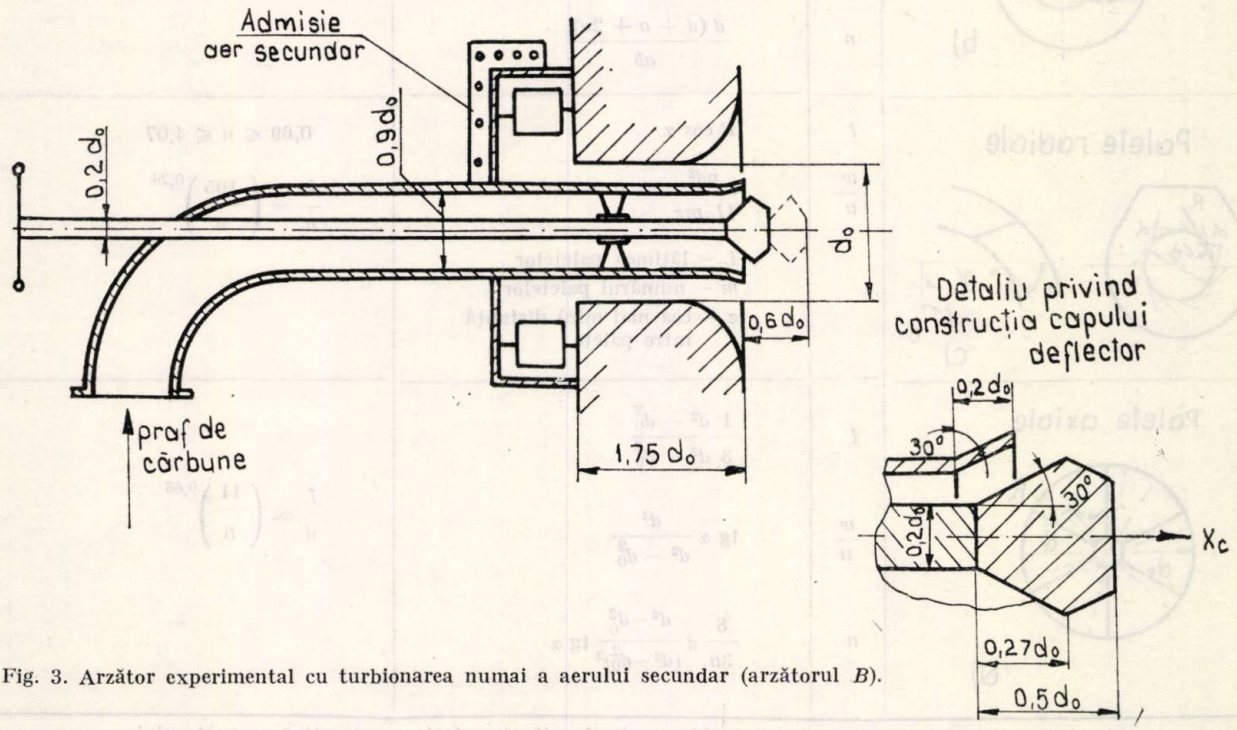


Fig. 3. Arzător experimental cu turbionarea numai a aerului secundar (arzătorul *B*).

Se definește gradul de turbionare ca raportul dintre viteza tangențială w și cea axială u [1], [5]:

$$n = \frac{w}{u} \qquad (1)$$

Experiențele au relevat ca grad optim de turbionare $n \in (0{,}42 - 0{,}85)$. Plaja de valori a apărut ca o funcție de natura combustibi-

lului şi de finețea de măcinare pentru o anumită sarcină a arzătorului.

În figura 4 se prezintă modul de calcul al gradului de turbionare în funcție de construcția arzătorului [6].

unde ρ_p este densitatea particulei, în kg/m³, iar w_r viteza relativă, în m/s. Pentru curgeri caracterizate prin $Re_p \leqslant 1$, coeficientul de rezistență aerodinamică va fi $c_f = \frac{24}{Re_p} =$

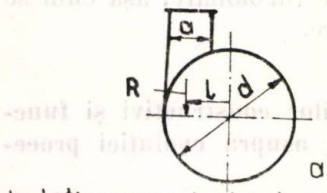
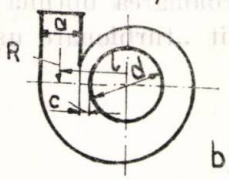
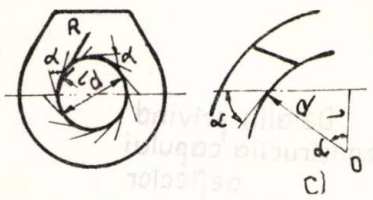
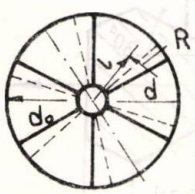
Carcasă tip T 	M	$n\,u\,w\,R^2 l$	bătaia jetului $\frac{L}{d} = \left(\frac{200}{n}\right)^{0,24}$
	K	$n\,u^2 R^2$	M — momentul cantității de mișcare
	l	$R - \frac{n}{2}$	K — impulsul axial
	$\frac{w}{u}$	$\frac{n\,d^2}{4\,ab}$	
	n	$\frac{d\,(d-a)}{ab}$	
Carcasă tip Y 	l	$R + \frac{a}{2} + c$	$l \leqslant n \leqslant 3$
	$\frac{w}{u}$	$\frac{nd^2}{4\,ab}$	$\frac{L}{d} = \frac{4{,}45 - n}{0{,}57}$
	n	$\frac{d\,(d + a + 2a)}{ab}$	
Palete radiale 	l	$R \cos \alpha$	$0{,}69 \leqslant n \leqslant 4{,}07$
	$\frac{w}{u}$	$\frac{nd^2}{4L\,m\varepsilon}$	$\frac{L}{d} = \left(\frac{195}{n}\right)^{0,26}$
		L — lățimea paletelor m — numărul paletelor ε — cea mai mică distanță între palete	
Palete axiale 	l	$\frac{1}{3}\frac{d^2 - d_0^2}{d^2 - d_0^2}$	$\frac{L}{d} \simeq \left(\frac{11}{n}\right)^{0,66}$
	$\frac{w}{u}$	$\operatorname{tg} \alpha \frac{d^2}{d^2 - d_0^2}$	
	n	$\frac{8}{3n} d \frac{d^2 - d_0^2}{(d^2 - d_0^2)^2} \operatorname{tg} \alpha$	

Fig. 4. Relațiile de calcul al mișcării turbionare în funcție de soluția constructivă a arzătorului.

O particulă de masă $m = \rho_p \frac{\pi d^3}{6}$, care se mișcă pe o linie de curent curbilinie de rază R, cu viteza tangențială w, accelerată în direcția radială și frînată de forța de frecare cu mediul F_r, va descrie o traiectorie caracterizată prin ecuația :

$$\frac{\pi d^3}{6} \rho_p \frac{dw_r}{d\tau} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_p \frac{w^2}{R} - F_r, \qquad (2)$$

$= \frac{24\,\nu_a}{w_r d}$ (ν_a fiind viscozitatea fluidului purtător), astfel că forța de frecare va avea forma [7] :

$$F_r = c_f \frac{\pi d^2}{4} \frac{w_r^2}{2} \rho_a = 3\pi\,\nu_a\,\rho_a\,w_r\,d, \qquad (3)$$

ρ_a fiind densitatea mediului, în kg/m³.

Înlocuind relaţia (3) în (2), se va obţine:

$$\frac{dw_r}{d\tau} = \frac{w^2}{R} - \frac{18\nu_a}{d^2}\frac{\rho_a}{\rho_p} w_r \qquad (4)$$

Dacă se face şi înlocuirea $w_r = \frac{dR}{d\tau}$, ecuaţia traiectoriei particulei va deveni:

$$\frac{d^2R}{d\tau^2} + \frac{18\rho_a \nu_a}{\rho_p d^2}\cdot\frac{dR}{d\tau} - \frac{w^2}{R} = 0 \qquad (5)$$

Integrarea ecuaţiei pentru zona nucleului central cvasisolid este prezentată în lucrările [8], [9], dar, ţinîndu-se seama că în această zonă există recirculaţia internă a jetului rotaţional, soluţia ecuaţiei nu prezintă un interes deosebit, deoarece particulele se găsesc cu predilecţie în zona exterioară a nucleului central. Existenţa unui cap deflector delimitează şi mai bine cele două zone ale jetului rotaţional, precum şi dispoziţia particulelor cu predilecţie spre zona cvasipotenţială.

Integrarea ecuaţiei (5) pentru zona periferică potenţială $\left(w_t = \frac{K}{R}\right)$ conduce la o ecuaţie de gradul doi cu coeficienţi necunoscuţi, ecuaţie care nu a putut fi rezolvată decît cu ajutorul unor calculatoare analogice. Pentru uşurinţa calculelor, V. Cerny face ipoteza distribuţiei vitezei tangenţiale proporţională cu radicalul razei $\left(w = \sqrt{\frac{K}{R}}\right)$, ecuaţia traiectoriei particulei căpătînd forma [7]:

$$\frac{d^2R}{d\tau^2} + A\frac{dR}{d\tau} - k = 0, \qquad (6)$$

unde $A = \frac{18\ \rho_a\ \nu_a}{\rho_p\ d^2}$. Prin această ipoteză s-a obţinut o ecuaţie diferenţială de gradul doi cu coeficienţi constanţi, ecuaţie uşor integrabilă. Se apreciază că eroarea nu este mare pentru cazul arzătoarelor de combustibil solid la care raza conturului exterior al jetului nu depăşeşte 1,5 m. Existenţa zonei depresionare centrale micşorează, de asemenea, abaterea de la distribuţia reală.

Soluţia generală a ecuaţiei diferenţiale va fi:

$$R = C_1 e^{P_1\tau} + C_2 e^{P_2\tau}, \qquad (7)$$

constantele P_1 şi P_2 fiind rădăcinile ecuaţiei caracteristice

$$P^2 + AP = 0, \qquad (8)$$

ecuaţie din care se obţine:

$$P_1 = 0;\ P_2 = -A \qquad (9)$$

$$R = C_1 e^{-A\tau} + C_2 \qquad (10)$$

Deoarece ecuaţia diferenţială conţine şi termen liber, soluţia generală va trebui căutată sub forma:

$$R = C_1 e^{-A\tau} + C_2 + \beta\tau \qquad (11)$$

Condiţiile la limită vor fi:

$$\tau = 0 \rightarrow \left.\begin{array}{l} R = R_1 \\ \dfrac{dR}{d\tau} = 0 \end{array}\right\} \qquad (12)$$

În urma derivării relaţiei (11), va rezulta $\frac{dR}{d\tau} = -C_1 A e^{-A\tau} + \beta$; $\frac{d^2R}{d\tau^2} = C_1 A^2 e^{-A\tau}$, expresii care, înlocuite în ecuaţia (7), permit determinarea constantei β sub forma $\beta = \frac{K}{A}$.

Aplicînd condiţiile la limită, va rezulta:

$$\left.\begin{array}{l} C_1 + C_2 = R_1 \\ -C_1 A + \dfrac{K}{A} = 0 \end{array}\right\} \qquad (13)$$

de unde $C_1 = \frac{K}{A^2}$; $C_2 = R_1 - \frac{K}{A^2}$, astfel că soluţia ecuaţiei diferenţiale va deveni:

$$R = \frac{K}{A^2}(e^{-A\tau} - 1) + \frac{K}{A}\tau + R_1 \ [\text{m}] \qquad (14)$$

Cum termenul $e^{-A\tau} \rightarrow 1$, relaţia (14) poate fi pusă şi sub formă simplificată:

$$R = R_1 + \frac{K}{A}\tau, \qquad (15)$$

din care se poate scoate sub formă explicită timpul de separare a particulei τ.

$$\tau = \frac{A(R - R_1)}{K} = \frac{18\ \rho_a\ \nu_a (R - R_1)R}{\rho_p\ w^2 d^2}\ [\text{s}] \qquad (16)$$

Cercetările privind separarea particulelor de combustibil solid în jeturile turbionare s-au făcut pentru cazul arzătorului *B*. Deoarece expandarea jetului axial este mai mică decît expandarea jetului turbionar exterior, amestecarea lor făcîndu-se corespunzător numai pentru anumite condiţii (fig. 5), a fost necesară studierea cîmpului de viteze pe modelul la rece al arzătorului. În realitate, datorită existenţei unei zone centrale depresionare în centrul unui turbion, expandarea jetului cen-

tral este accelerată, punctul de incidență reală a jetului A fiind situat mult mai aproape de zona arzătorului.

În figura 6 se prezintă standul pe care s-a studiat cîmpul de viteze al arzătorului B, dimensiunile modelului fiind obținute din cele reale prin relațiile de modelare din lucrarea [10], tehnica măsurătorilor fiind aceeași ca în lucrarea [1].

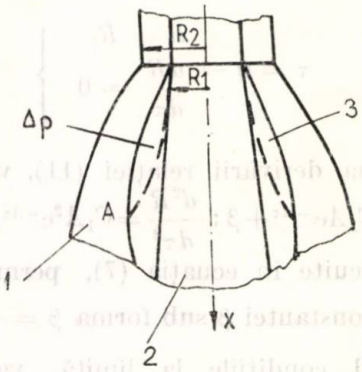


Fig. 5. Intersecția unui jet central neturbionat cu unul periferic turbionat.

1 – jetul periferic turbionat; *2* – jetul axial neturbionat; *3* – traectoria reală a jetului central ca urmare a existenței zonei depresionare în centrul unui turbion.

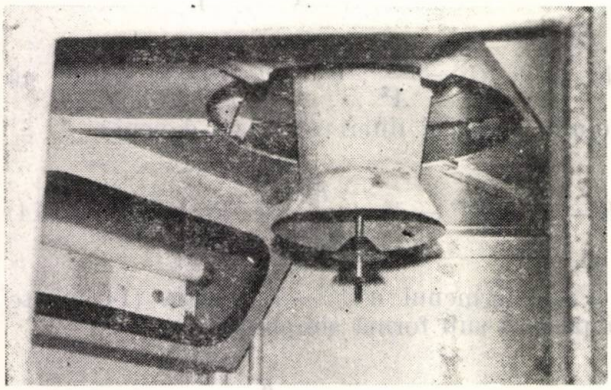


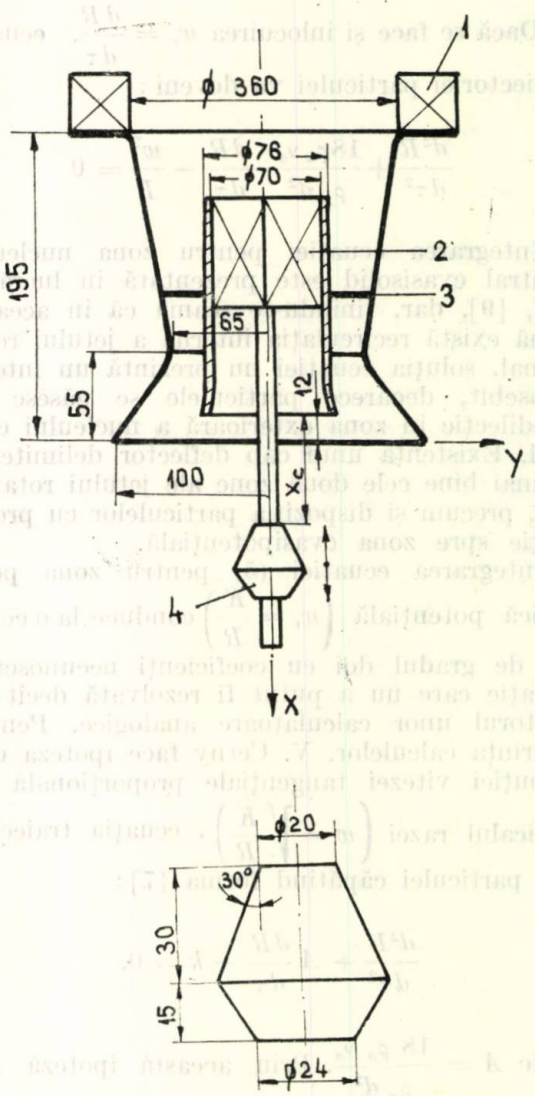
Fig. 6. Standul pe care s-a studiat la rece cîmpul de viteze pentru cazul arzătorului de tip B.

În figura 7 se prezintă construcția capului modelului și a conului deflector utilizat, con care a putut fi mișcat în lungul coordonatei longitudinale x.

În figura 8 se arată distribuția vitezei axiale și tangențiale pentru un grad de turbionare $n = 0{,}6$ (reglaj al paletelor în poziția I — vezi lucrarea [1]), pentru diverse poziții x_c ale capului deflector. Coordonatele longitudinale sînt adimensionale, prin raportarea lor la diametrul gurii de ieșire $d_0 = 130$ mm.

Viteza axială în gura modelului arzătorului a avut o valoare medie de 16,5 m/s pentru jetul central și o valoare medie de 23 m/s pentru jetul periferic turbionat (la o umplere de 87% a secțiunii de ieșire).

Se remarcă o micșorare a vitezelor axiale odată cu îndepărtarea conului deflector de gura arzătorului, concomitent cu o mărire a vitezei tangențiale. De asemenea, odată cu îndepărtarea conului deflector, se remarcă și o deplasare a punctului de început de creștere a vitezei tangențiale (astfel, într-un punct



Elementele geometrice ale conului deflactor

Fig. 7. Elemente constructive ale modelului izotermic pentru studiul cîmpului de viteze la arzătorul de tip B.

1 – aparat paletar reglabil pentru generarea mișcării turbionare; *2* – palete pentru distrugerea componentei tangențiale a vitezei; *3* – știfturi de centrare și susținere; *4* – con deflector cu amplasare variabilă în lungul coordonatei x.

radial, caracterizat prin $\frac{y}{r_0} = 2$, pentru $\frac{x_c}{d_0} = 0{,}62$ viteza tangențială este de 2 m/s, iar pentru $\frac{x_c}{d_0} = 0{,}09$ viteza tangențială este de 5 m/s). Acest fenomen a cerut funcționarea cu capul deflector numai în anumite poziții, în funcție de calitatea combustibilului, așa cum va fi arătat în continuare.

Pentru o apropiere mai mare de realitate, în studiul intersecției jeturilor, se face propu-

nerea ca atît ecuaţia conservării, cît şi a curgerii să fie scrise în funcţie de coordonată, generalizată de presiunea totală H [6].

$$H = P + \rho u^2 \text{ [Pa]} \qquad (17)$$

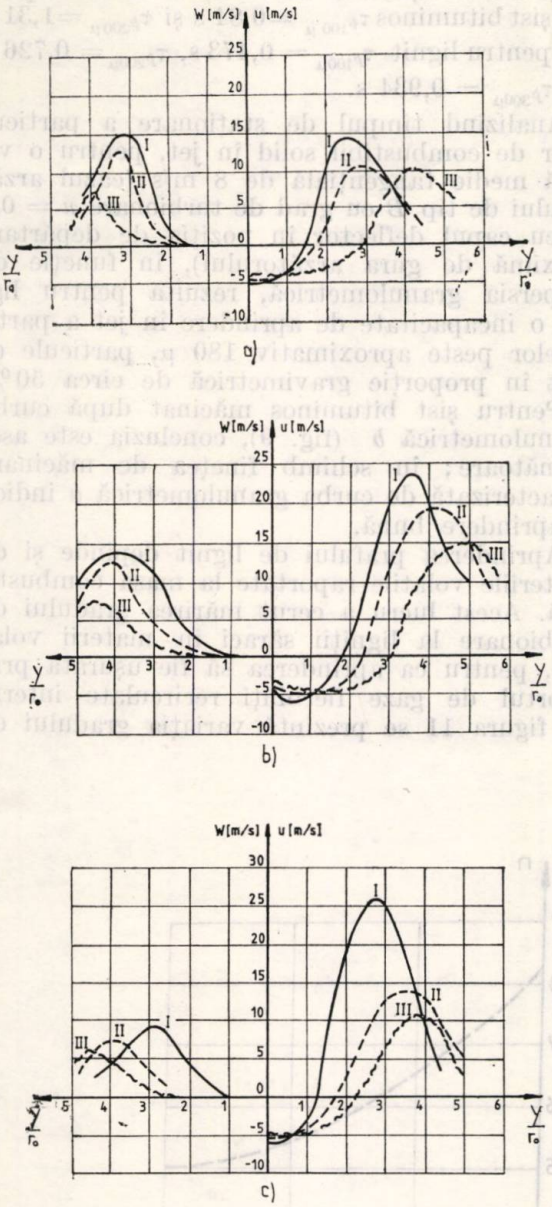


Fig. 8. Distribuţia cîmpului de viteze la modelul izotermic al arzătorului B pentru un grad de turbionare $n = 0,6$.

a) Poziţia conului deflector $\frac{x_c}{d_0} = 0,62$

b) Poziţia conului deflector $\frac{x_c}{d_0} = 0,23$

c) Poziţia conului deflector $\frac{x_c}{d_0} = 0,09$

I —— $\frac{x}{d_0} = 2$; II – – – $\frac{x}{d_0} = 2,85$;

III ~ ~ ~ $\frac{x}{d_0} = 3,45$

Aşa cum se menţionează în lucrările [11], [12], zona de recirculare internă are o formă eliptică, ea suferind variaţii dimensionale în funcţie de poziţia capului deflector. Experienţele au arătat că, începînd de la o distanţă de amplasare a capului deflectorului $\frac{x_c}{d_0} \simeq 0,25 - 0,3$, modificările zonei de recirculaţie internă devin foarte reduse, schimbările cîmpului de viteze în zona de bază a jetului turbionar devin însă foarte mari.

În figura 9 se prezintă curbele granulometrice utilizate în cadrul experimentărilor. Pentru combustibilii grei ($\gamma_p \simeq 1200$ kgf/m^3), curbele granulometrice au fost cuprinse între ramura a şi ramura b, iar pentru ligniţii cu $\gamma_p \simeq 800$ kgf/m^3, curbele granulometrice au fost cuprinse între ramura c şi d.

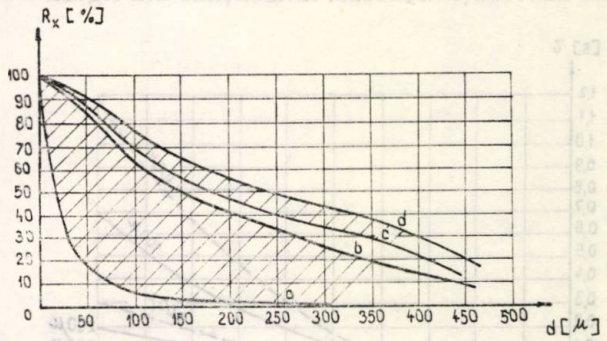


Fig. 9. Curbele granulometrice ale prafului de combustibil solid utilizate în timpul experimentărilor.

La măcinarea lignitului nu s-a putut obţine o fineţe mai bună a prafului, datorită elasticităţii acestuia. Pentru obţinerea curbei granulometrice a, şistul bituminos a fost trecut prin moară de două ori (prima măcinare făcîndu-se înainte de experimentarea la cald), dar, oricum, friabilitatea mărită a acestor combustibili a permis obţinerea unor fineţi mai bune de măcinare [1].

În timpul experienţelor cu arzătorul de tip B, gradul de turbionare n nu a putut să depăşească o valoare de 0,7 în cazul arderii combustibililor grei ($\gamma_p \simeq 1200$ kg/m^3) şi 0,85 în cazul utilizării lignitului. Trecerea de la curba a la curba b pentru fineţea de măcinare a cerut reducerea gradului de turbionare la 0,42. În ambele cazuri, capul deflector a fost scos la maximum în afară, deoarece la retractarea lui flacăra se înrăutăţea şi urma repede o tendinţă de stingere. Poziţia capului deflector îndepărtat la maximum de gura arzătorului corespunde unei valori $\frac{x_c}{d_0} = 0,62$, identică cu cea de la figura 8 a. Apropiind capul deflector, în urma analizei curbelor de distribuţie a vitezelor din figura 8, se remarcă o apropiere de axa arzătorului a punctelor de

maximum de viteză tangențială, lucru ce explică centrifugarea mai accentuată a combustibilului.

Gradul de turbionare n a fost calculat cu relațiile de la figura 4 *c*, arzătorul *B* avînd 8 palete cu o lățime de 80 mm.

Pentru studiul matematic al centrifugării particulelor, se va folosi ecuația (16), rezultatele fiind prezentate în figura 10. Pentru combustibilii grei ($\gamma_p \simeq 1200$ kgf/m^3), temperatura în zona jetului a fost de circa 800°C pentru sarcina nominală a morii (valoare la care $\nu_a = 1{,}32 \cdot 10^{-4}$ m^2/s, $\rho_a/\rho_p = 2{,}73 \cdot 10^{-4}$), iar pentru lignit temperatura a fost de circa 1000°C (valoare la care $\nu_a = 1.74.10^{-4}$, $\rho_a/\rho_p = 3{,}48 \cdot 10^{-4}$). Centrifugarea a fost realizată pentru raze caracterizate prin $\frac{R_1}{d_0} \geqslant 2$, conform curbelor de distribuție a vitezei tangențiale din figura 8 *a*.

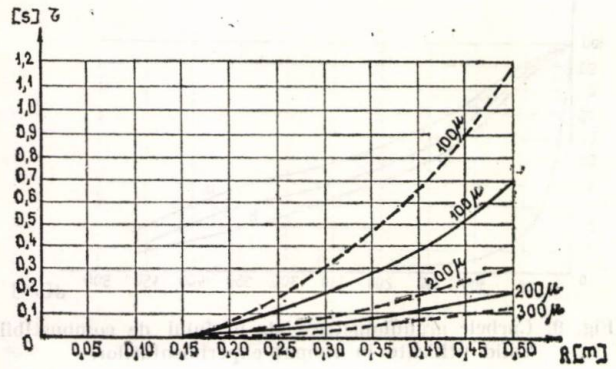


Fig. 10. Timpul de staționare a particulelor de combustibil solid în jetul arzătorului de tip *B* pentru o viteză tangențială $w = 8$ m/s.
——— combustibil cu $\gamma_p = 1200$ kgf/m^3;
— — — combustibil cu $\gamma_p = 800$ kgf/m^3.

Pentru a se putea corela gradul de turbionare cu calitatea combustibilului și cu finețea de măcinare, va trebui comparat timpul de staționare a particulelor în jet cu timpul de pregătire pentru arderea acestora.

După [9], timpul de pregătire se va determina cu relația:

$$\tau_p = K_p \; T^n \, O_2^z \; d_{mc}^{r_1}, \qquad (18)$$

în care

K_p este coeficient ce depinde de calitatea combustibilului. Pentru un lignit de calitate medie, $K_p = 19{,}01 \cdot 10^{12}$ K^{4}s/cm, iar pentru șist bituminos, $K_p = 61{,}5 \cdot 10^{12}$ K$^4 \cdot$s/cm [3];

T — temperatura jetului, K;

O_2 — concentrația oxigenului, %;

d_{mc} — diametrul mediu corectat al particulei, cm;

n, z, r_1 — coeficienți experimentali. Pentru combustibili inferiori, $n = 4{,}05$; $z = -0{,}34$; $r_1 = 0{,}62$.

Efectuînd calculele pentru cîmpurile de temperaturi menționate anterior, a rezultat pentru șist bituminos $\tau_{p_{100\,\mu}} = 0{,}84$ s și $\tau_{p_{200\,\mu}} = 1{,}31$ s, iar pentru lignit $\tau_{p_{100\mu}} = 0{,}473$ s, $\tau_{p_{200\mu}} = 0{,}726$ s și $\tau_{p_{300\mu}} = 0{,}934$ s.

Analizînd timpul de staționare a particulelor de combustibil solid în jet, pentru o viteză medie tangențială de 8 m/s (cazul arzătorului de tip *B* cu grad de turbionare $n = 0{,}6$ și cu capul deflector în poziția de depărtare maximă de gura arzătorului), în funcție de dispersia granulometrică, rezultă pentru lignit o incapacitate de aprindere în jet a particulelor peste aproximativ 180 μ, particule ce sînt în proporție gravimetrică de circa 50%.

Pentru șist bituminos măcinat după curba granulometrică *b* (fig. 9), concluzia este asemănătoare; în schimb finețea de măcinare caracterizată de curba granulometrică *a* indică o aprindere bună.

Aprinderea prafului de lignit depinde și de materiile volatile raportate la masa combustibilă. Acest lucru a cerut mărirea gradului de turbionare la ligniții săraci în materii volatile, pentru ca aprinderea să fie ușurată prin aportul de gaze fierbinți recirculate intern. În figura 11 se prezintă variația gradului de

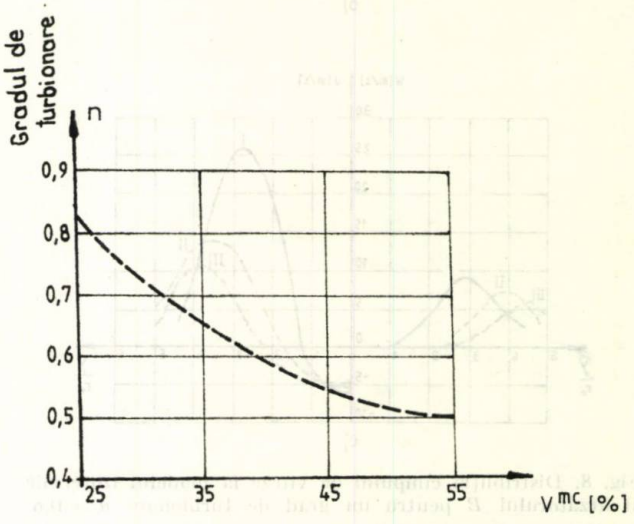


Fig. 11. Legătura dintre gradul de turbionare și cantitatea de materii volatile pentru obținerea unei bune aprinderi pentru lignit, granulație caracterizată prin $R_{90} = 72\%$.

turbionare pentru o aprindere bună, în cazul arderii prafului de lignit cu diverse procente de materii volatile, raportate la masa combustibilă.

În figura 12 se prezintă variația radială a temperaturii în jetul unui praf de lignit cu $Q_i^t = 1750$ kcal/h, gradul de turbionare fiind $n = 0{,}6$. Cîmpul de temperaturi a fost ridicat cu ajutorul unei termocuple cu aspirație Cr—Al.

Măsurătoarea s-a efectuat în punctul de măsură T_1, prin retragerea progresivă a aparatului din centrul jetului spre peretele focarului.

Se remarcă o tendinţă de uniformizare a cîmpului de temperaturi după direcţia radială,

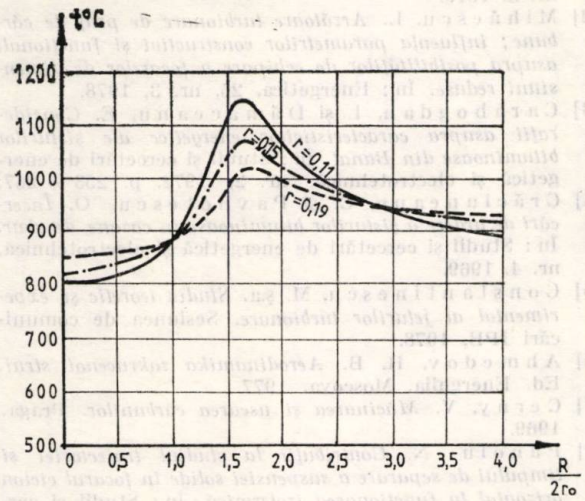


Fig. 12. Variaţia radială a temperaturii într-un jet de praf de lignit (punctul T_1), grad de turbionare $n = 0{,}6$, pentru diverse grade de recirculare de gaze fierbinţi de la finele focarului r, fineţe de măcinare $R_{90} = 72\ \%$.

odată cu mărirea gradului de recirculare de gaze fierbinţi de la finele focarului. Fenomenul se explică prin reducerea timpului de pregătire a particulelor în acest caz, lucru ce face ca o proporţie tot mai mare de particule să ardă în jetul propriu-zis. Arderea s-a realizat cu un aport caloric de combustibil gazos de 38 %.

În figura 13 se indică un cîmp de temperaturi în lungul focarului, temperaturi măsurate în punctele T_1, T_2, T_3 şi T_4, aşa cum se arată în figura 1, pentru lignit cu puterea calorică inferioară $Q_i^i = 1750$ kcal/h, gradul de turbionare fiind $n = 0{,}6$ şi capul deflector într-o poziţie îndepărtată cu 80 mm de gura arzătorului. Măsurătorile au fost efectuate cu ajutorul unor termocuple cu aspiraţie de tipul Cr-Al, la o distanţă de centrul axului focarului de 350 mm. Arderea s-a realizat cu un procent de participaţie calorică a combustibilului gazos cu aport de 38 %.

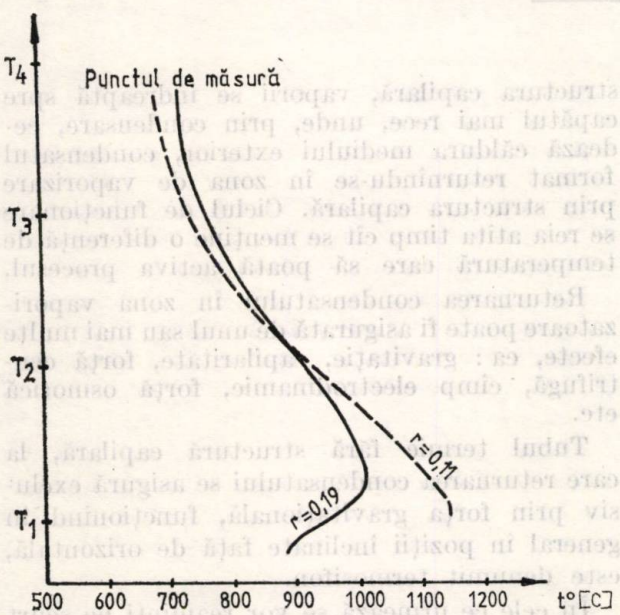


Fig. 13. Variaţia temperaturii în lungul focarului pentru funcţionarea cu lignit cu $Q_i^i = 1750$ kcal/kg, combustibil gazos în participaţie calorică 38 %, grad de turbionare $n = 0{,}6$, fineţea de măcinare $R_{90} = 72\ \%$.

Gradul de ardere caracterizat prin procentul de nearse din punct de vedere mecanic, la finele focarului, a fost cuprins între 2,7 şi 4,3 %, în funcţie de gradul de recirculare de gaze fierbinţi de la finele focarului.

Concluzii

Lucrarea a prezentat rezultatele obţinute la arderea combustibililor solizi inferiori cu ajutorul arzătoarelor de tip turbionar. Se poate spune că utilizarea unui grad de turbionare strict corelat cu fineţea de măcinare şi cu capacitatea de aprindere duce la rezultate pozitive, rezultate ce recomandă aceste arzătoare pentru echiparea cazanelor de dimensiuni reduse, flacăra obţinută faţă de cea de la arzătoarele de tip fantă fiind mult mai scurtă. Arzătorul cu turbionarea exclusivă a aerului secundar (arzătorul *B*) este superior faţă de cel cu triplă turbionare (arzătorul *A*), din punct de vedere al capacităţii de reglaj al arderii atît prin modificarea poziţiei paletelor de turbionare, cît şi a poziţiei capului deflector. Turbionarea multiplă nu a dat rezultate pozitive care să justifice complicaţiile constructiv-funcţionale, atît la arderea combustibililor inferiori, cît şi la arderea prafului de antracit.

Aşa cum s-a menţionat şi în lucrările [1], [2], la construcţia unui arzător de tip turbionar pentru arderea prafului de combustibil solid trebuie să se aibă în vedere introducerea unor pierderi hidraulice în calea agentului primar şi a combustibilului cît mai mici, pentru ca el să poată fi introdus într-o schemă de preparare a prafului de combustibil cu moară-ventilator şi insuflare directă, schema cea mai adecvată combustibililor solizi inferiori din ţara noastră. Din acest punct de vedere, avantajos este tot arzătorul de tip *B*.

Lucrarea a căutat să pună în evidenţă interacţiunea parametrilor funcţionali (debit de combustibil, grad de turbionare, grad de recirculare de gaze de ardere de la finele cazanului, fineţea de măcinare) cu cei constructivi (mărimea, forma şi poziţia capului deflector) pentru cazul unui arzător de tipul *B*, asupra evoluţiei fenomenului de ardere a unui nor de praf de combustibil solid inferior.

Asupra utilizării arzătoarelor turbionare de praf de combustibil solid mai trebuie făcute următoarele aprecieri :

a) Experimentările cu arzătorul de tip *B* au fost efectuate cu viteze ale agentului primar cuprinse între 16 şi 35 m/s, obţinîndu-se o flacără stabilă ; deci domeniul de viteze care poate fi luat în considerare la dimensionarea unor asemenea arzătoare are valori mai ridicate decît cel recomandat pentru arzătoarele cu fante.

b) Valoarea vitezei aerului secundar este dictată de gradul de turbionare şi fineţea prafului de combustibil.

c) Avînd în vedere reactivitatea ridicată a combustibililor experimentaţi, precum şi valoarea participaţiei gazului natural, se consideră că la utilizarea acestor arzătoare pot fi realizate încărcări termice ale suprafeţei ambrazurii avînd valori apropiate de cele adoptate la arzătoarele pentru cărbunii superiori.

d) Experimentările făcute recomandă utilizarea acestor arzătoare la cazanele de abur şi apă fierbinte mici (de exemplu cazane de abur pînă la 50 t/h).

e) Experimentările nu au putut pune în evidenţă efectele interacţiunii jeturilor unor arzătoare vecine, dar, avînd în vedere domeniul de viteze, gradul de turbionare şi încărcările termice ale suprafaţei ambrazurii, nu se întrevăd diferenţe sensibile de comportare, în cazul în care se respectă recomandările cunoscute pentru arzătoarele de cărbune superior ; această afirmaţie necesită însă o verificare experimentală industrială.

Bibliografie

[1] Mihăescu, L., Iordache, I., Constantinescu, M. *Cercetări asupra cîmpului de viteze şi a debitului de gaze recirculate intern la un jet turbionat, cu aplicaţii la arzătoare de acest tip.* În : Energetica 27, nr. 3, 1979.

[2] Mihăescu, L. *Arzătoare turbionare de praf de cărbune ; influenţa parametrilor constructivi şi funcţionali asupra posibilităţilor de echipare a focarelor de dimensiuni reduse.* În : Energetica, 26, nr. 3, 1978.

[3] Carabogdan, I. şi Dămăceanu, E. *Consideraţii asupra caracteristicilor energetice ale şisturilor bituminoase din Banat.* În : Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, nr. 2, 1972, p. 253 — 267.

[4] Crăciuneanu, C. şi Pavnotescu, O. *Încercări de ardere a şisturilor bituminoase în cazane de abur.* În : Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, nr. 4, 1969.

[5] Constantinescu, M. ş.a. *Studiu teoretic şi experimental al jeturilor turbionare.* Sesiunea de comunicări IPB, 1978.

[6] Ahmedov, R. B. *Aerodinamika zakrucenoi strui.* Ed. Energhiia, Moscova, 1977.

[7] Cerny, V. *Măcinarea şi uscarea cărbunilor.* Praga, 1969.

[8] Pănoiu, N. *Contribuţii la studiul traiectoriei şi timpului de separare a suspensiei solide în focarul ciclon orizontal la funcţionarea izotermică.* În : Studii şi cercetări de energetică şi electrotehnică, nr. 4, 1967.

[9] Carabogdan, I. şi Pănoiu, N. *Bazele teoretice ale aprinderii şi arderii combustibililor solizi.* Ed. Acad. R.S.R., 1969.

[10] Suvanala, I. *Procesul de amestecare şi ardere a cărbunilor foarte volatili pulverizaţi în jet cu virtej şi reverberaţie.* În : Rev. Combustibili, D.S., nr. 11, 1973.

[11] Lauckrel, W. *Aérodinamique des écoulements tourbillons.* În : Revue Gén. de Thermique, nr. 12, 1968.

[12] Chedaille, I. şi Lauckrel, W. *Flammes de mazout lourd et de charbon pulverisé avec air de combustion en rotation.* În : Revue Gén. de Thermique, nr. 12, 1968.

(Articol intrat în redacţie la 31 mai 1979)

Tuburi termice din aluminiu pentru schimbătoare de căldură

Ing. **C. I. Bilegan** *

1. Principiul de funcţionare. Construcţie. Caracteristici

Tubul termic (TT) este un dispozitiv care realizează un transfer eficient de energie termică prin îmbinarea într-un ciclu închis a fenomenelor de vaporizare, transport de vapori, condensare şi returnare a condensatului unui agent termic. Din punct de vedere constructiv, TT este format dintr-o incintă etanşă (fig. 1), căptuşită la interior cu un strat de material poros (structură capilară), îmbibat cu un agent termic. Încălzind unul din capetele TT, se produce vaporizarea lichidului din structura capilară, vaporii se îndreaptă spre capătul mai rece, unde, prin condensare, cedează căldura mediului exterior, condensatul format returnîndu-se în zona de vaporizare prin structura capilară. Ciclul de funcţionare se reia atîta timp cît se menţine o diferenţă de temperatură care să poată activa procesul.

Returnarea condensatului în zona vaporizatoare poate fi asigurată de unul sau mai multe efecte, ca : gravitaţie, capilaritate, forţă centrifugă, cîmp electrodinamic, forţă osmotică etc.

Tubul termic fără structură capilară, la care returnarea condensatului se asigură exclusiv prin forţa gravitaţională, funcţionînd în general în poziţii înclinate faţă de orizontală, este denumit termosifon.

În cele ce urmează se vor reaminti pe scurt principalele proprietăţi, limitări şi performanţe ale tuburilor termice, o prezentare teoretică mai detaliată putîndu-se găsi în [1].

*) Ing. Constantin I. Bilegan este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG.

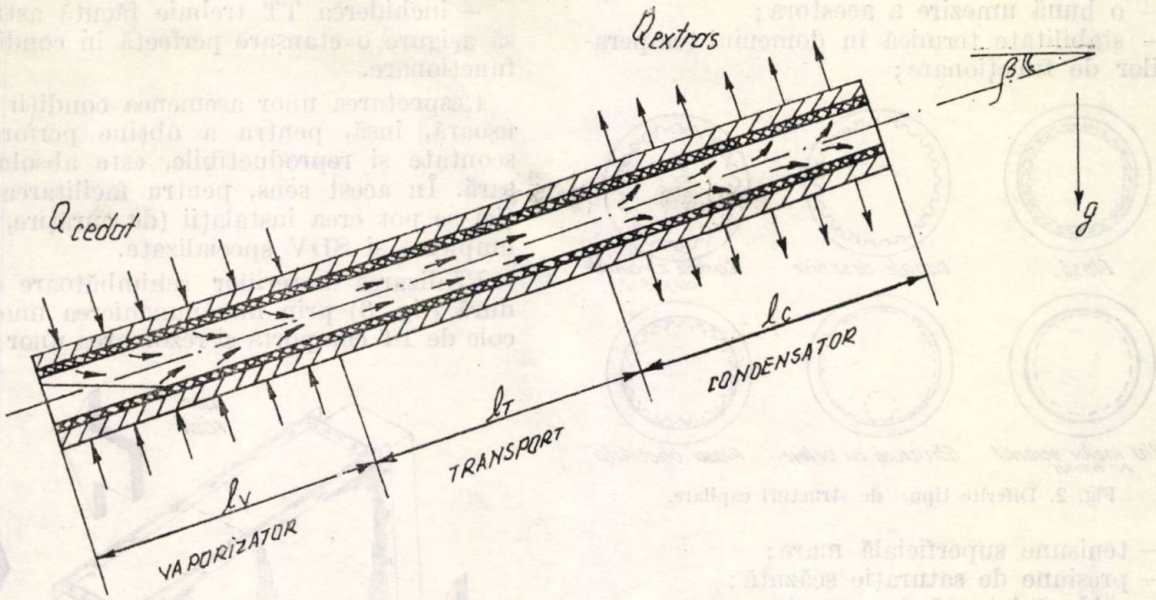


Fig. 1. Tubul termic cilindric.

2. Proprietăţi fundamentale

— *Conductanţă ridicată* — funcţie de natura agentului termic utilizat şi de nivelul de temperatură la care lucrează, puterile termice transmise axial pot atinge 15 kW/cm² şi chiar mai mult.

— *Funcţionare izotermă* — în interiorul incintei, fenomenul ciclic de evaporare-condensare are loc sub acţiunea unei foarte mici diferenţe de temperatură (cîteva grade), care asigură astfel un transfer practic izoterm al energiei calorice de la un capăt la celălalt al tubului.

— *Posibilitate simplă de adaptare a densităţii fluxului termic*, datorită independenţei fenomenelor de evaporare şi de condensare din interiorul tubului; energia termică provenită de la o sursă concentrată poate fi disipată pe o suprafaţă întinsă, sau invers, cea provenită de pe o suprafaţă întinsă poate fi colectată pe o suprafaţă mică.

— *Nu are părţi în mişcare*, de unde şi o funcţionare silenţioasă şi o bună fiabilitate.

3. Limitări în funcţionare

În funcţionarea TT pot apărea limitări în ceea ce priveşte transferul energiei calorice, în principal acestea fiind atribuite fazei lichide sau celei gazoase. Fără a intra într-o analiză mai detaliată, cauzele majore ce limitează puterea termică transmisă sînt:

— incapacitatea structurii capilare (SC) de a asigura debitul necesar de lichid pentru zona de vaporizare, ajungîndu-se pînă în situaţia limită de uscare (şi chiar distrugere) a SC;

— existenţa unei viteze maxime (sonice) de curgere a vaporilor către zona de condensare, conducînd şi la o serie de efecte secundare, ca spre exemplu frînarea şi chiar antrenarea spre condensator a fazei lichide din structura capilară, ş.a.

Pentru înlăturarea acestor neajunsuri se recomandă ca, în domeniul de temperaturi de funcţionare, capacitatea de transfer a TT să fie cu circa 15% mai mare decît cea necesară. Desigur că, pentru o proiectare judicioasă, se vor lua în considerare şi alte aspecte tehnico-economice, ca puterea unitară a TT, tehnologiile de fabricaţie disponibile, costul etc.

4. Aspecte ridicate de realizarea practică

Acestea sînt legate atît de elementele constructive de bază ale TT, cît şi de tehnologia procesului de fabricaţie.

Peretele tubului (sau al incintei) este necesar să întrunească următoarele calităţi:

— compatibilitate chimică cu structura capilară şi agentul de lucru;

— o conductibilitate termică cît mai bună;

— rezistenţă mecanică corespunzătoare presiunii interne de funcţionare.

Structura capilară, în afara compatibilităţii cu agentul termic, trebuie să asigure o înălţime capilară ridicată pentru o distribuţie cît mai uniformă a lichidului şi un debit suficient de lichid pentru alimentarea zonei vaporizatoare. Dimensiunea caracteristică a structurii capilare — raza capilară — variază în sensuri diferite cu cerinţele de mai sus, astfel încît rezolvarea se va face prin admiterea unui compromis. În figura 2 sînt date cîteva tipuri reprezentative de structuri capilare.

Agentul termic este de dorit să posede simultan următoarele proprietăţi:

— compatibilitate chimică cu materialele de construcţie a SC şi a peretelui tubului;

— o bună umezire a acestora;
— stabilitate termică în domeniul temperaturilor de funcţionare;

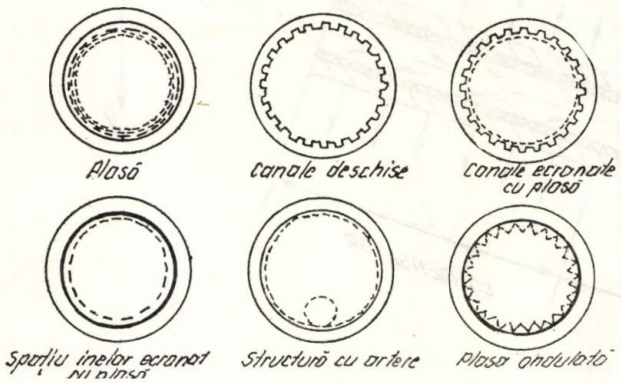


Fig. 2. Diferite tipuri de structuri capilare.

— tenisune superficială mare;
— presiune de saturaţie scăzută;
— căldură latentă de vaporizare mare;
— viscozitate mică atît pentru lichid cît şi pentru vapori.

Şi dintre aceste calităţi unele apar contradictorii, de unde necesitatea unui nou compromis, rezolvat prin compararea aşa-numitei „cifre de merit M" a agenţilor de lucru susceptibili a fi utilizaţi în aplicaţia analizată.

Cifra de merit M se defineşte prin relaţia $M = \sigma\rho r/\eta$, în care σ, ρ, η sînt, respectiv, tensiunea superficială, densitatea şi viscozitatea dinamică a lichidului, iar r — căldura latentă de vaporizare. Există tabele şi diagrame în care se dau valorile cifrei de merit M pentru diverşi agenţi de lucru şi temperaturi de funcţionare.

Probleme tehnologice de bază

În scopul evitării unei funcţionări necorespunzătoare, prin apariţia în interiorul TT a unor gaze necondensabile, sau prin modificarea în timp a parametrilor interni, în procesul realizării TT este absolut necesar să fie respectate o serie de precauţii generale ca:
— puritatea materialelor, în special a agentului de lucru, să fie cît mai ridicată şi să nu fie alterată pe parcursul procesului tehnologic;
— curăţirea perfectă, în special degresarea prin mijloace chimice, să fie făcută de mai multe ori, pentru toate elementele constructive ale TT;
— îmbinările prin sudură sau lipire, precum şi celelalte operaţii mecanice să fie atent executate şi controlate;
— procesul de vidare să asigure eliminarea completă a gazelor necondensabile şi a umidităţii din interiorul TT;
— umplerea TT cu agent de lucru să fie făcută în cantitatea strict necesară, determinată teoretic sau experimental;
— închiderea TT trebuie făcută astfel încît să asigure o etanşare perfectă în condiţiile de funcţionare.

Respectarea unor asemenea condiţii nu este uşoară, însă, pentru a obţine performanţele scontate şi reproductibile, este absolut necesară. În acest sens, pentru facilitarea execuţiei se pot crea instalaţii (de curăţire, vidare, umplere) şi SDV specializate.

Realizarea bateriilor schimbătoare de căldură (fig. 3) prin înmănunchierea unor fascicole de TT comportă şi rezolvarea unor aspecte

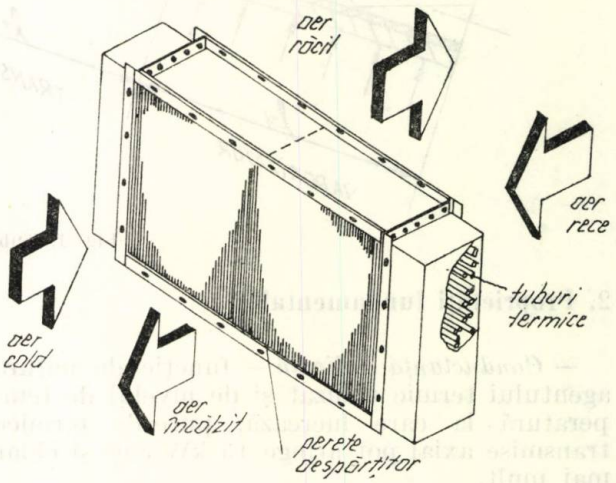


Fig. 3. Schimbător de căldură cu tuburi termice de tip aer-aer.

tehnologice legate de extinderea corespunzătoare a suprafeţelor de transfer de căldură (în cazul agenţilor exteriori gazoşi), de construcţie a peretelui despărţitor între cele două medii care primesc şi cedează căldura ş.a., aspecte care depind şi se rezolvă pentru fiecare gen de aplicaţie în parte.

5. Rezultate obţinute

În cadrul preocupărilor legate de realizarea unui nou tip de schimbător de căldură cu tuburi termice pentru recuperarea căldurii conţinute în resursele energetice secundare (lichide sau gaze cu temperaturi pînă la 100—150°C), cercetările întreprinse la ICEMENERG au condus la realizarea unor tuburi termice cu următoarele caracteristici (fig. 4):

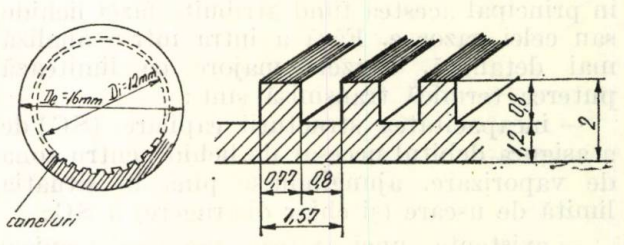


Fig. 4. Profilul tubului termic din aluminiu extrudat.

— materialul peretelui: aliaj de aluminiu AlMgSi 0,5
— diametrul exterior $d_e = 16$ mm
— diametrul interior $d_i = 12$ mm
— dimensiunea canelurilor interioare $a \times b = 0{,}8 \times 0{,}8$ mm
— lungimea maximă realizată 2 m
— agent de lucru freon F-12
— cantitatea de agent de lucru F-12 30 g/m
— temperaturi de funcţionare $-20 \cdots +80$°C

Caracteristicile de transfer de căldură ale TT realizate au fost determinate pe o instalaţie special concepută în acest scop (fig. 5). Instalaţia dotată cu aparatură de mare precizie, ca: termometre de sticlă cu mercur de clasă 1/10°C, debitmetru în plaja 0 —200 l/h de clasă 1,5, montat pe un circuit cu nivel constant pentru evitarea variaţiilor debitului în timp, termostat pentru menţinerea unei temperaturi constante, t_v, în zona de vaporizare cu o precizie de 0,2°C, permite determinarea debitului de căldură transmis (Q) funcţie de unghiul de înclinare (β) al TT faţă de orizontală, pentru o anumită configuraţie a zonelor de vaporizare, transport şi condensare.

Spre exemplu, un tub termic neariparat de 1 m lungime, la care zona de vaporizare este egală cu cea de condensare, $l_v = l_c = 0{,}5$ m, poate transporta cu uşurinţă o putere termică de 500 W pentru o diferenţă de temperatură dintre apa caldă şi cea rece $t_v - t_c = 40$ K.

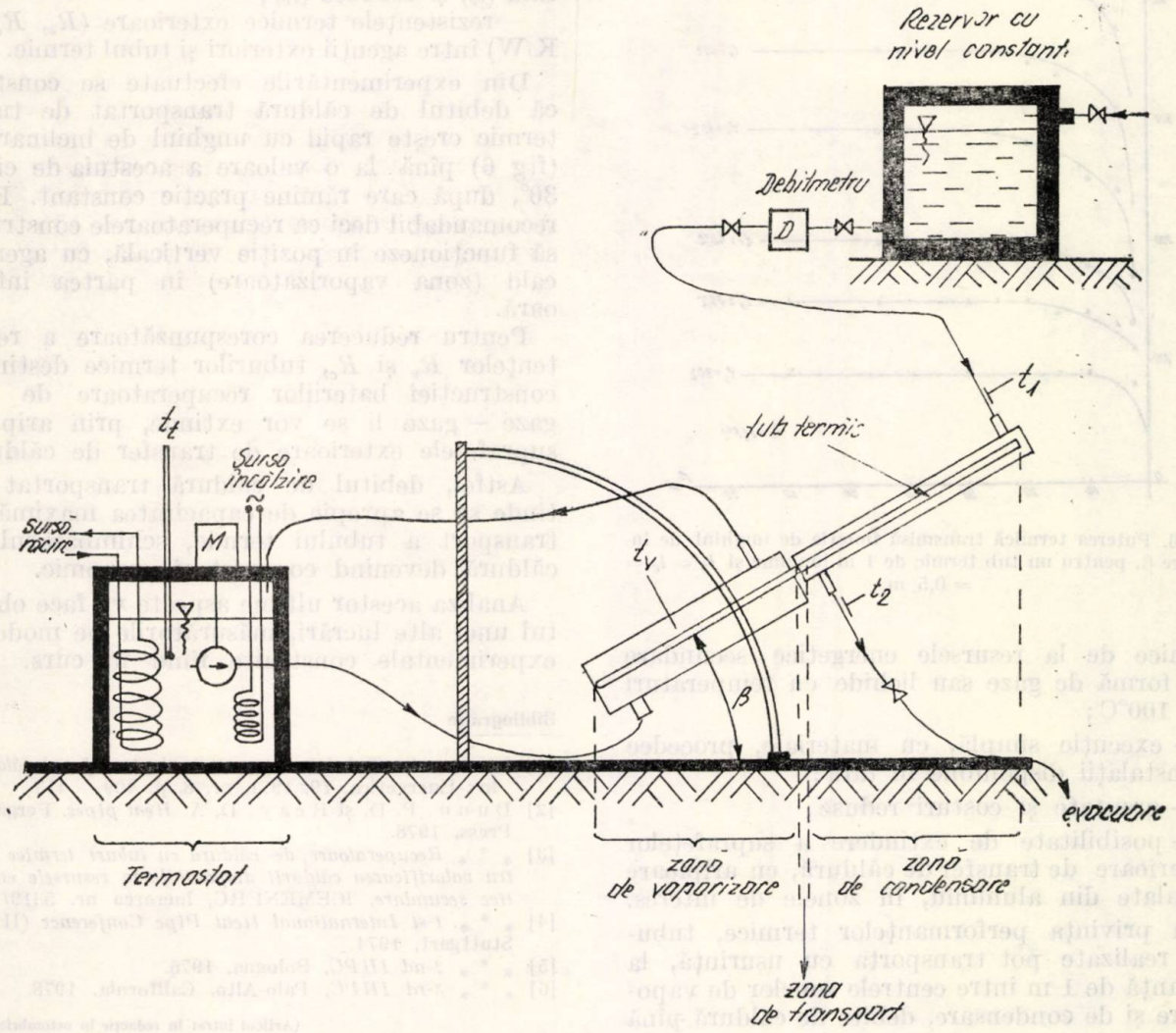


Fig. 5. Schema instalaţiei pentru determinarea caracteristicilor tuburilor termice.

Măsurînd în zona de condensare debitul de apă (D) şi diferenţa de temperatură ($t_2 - t_1$), se determină debitul de căldură Q transmis de tubul termic, cu formula $Q = D \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1)$ în kcal/h.

Rezultatele obţinute sînt reprezentate printr-o serie de curbe de tipul celor din figura 6. Numărul mare de măsurători efectuate pe lotul experimental realizat au condus la un volum important de date şi informaţii necesare verificării influenţei principalilor factori asupra performanţelor TT.

Concluzii

Tuburile termice din aluminiu extrudat, executate în tehnologia pusă la punct de ICEMENERG, prezintă următoarele caracteristici:

— sînt destinate construcției schimbătoarelor de căldură pentru recuperarea energiei

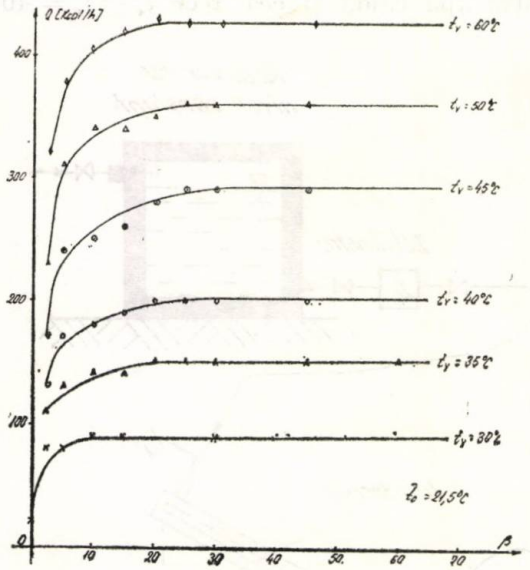


Fig. 6. Puterea termică transmisă funcție de unghiul de înclinare β, pentru un tub termic de 1 m lungime și $l_v = l_c = 0{,}5$ m.

termice de la resursele energetice secundare sub formă de gaze sau lichide cu temperaturi sub 100°C;

— execuție simplă, cu materiale, procedee și instalații disponibile în țară;

— greutate și costuri reduse;

— posibilitate de extindere a suprafețelor exterioare de transfer de căldură, cu aripioare spiralate din aluminiu, în zonele de interes.

În privința performanțelor termice, tuburile realizate pot transporta cu ușurință, la distanță de 1 m între centrele zonelor de vaporizare și de condensare, debite de căldură pînă la 600 W/tub, cu pierderi interne de temperatură neglijabile (sub 5 K).

Debitul de căldură transportat (Q) depinde, în principal, de trei factori:

$$Q_{(\beta)} = \frac{t_v - t_c}{R_v + R_c} \text{ [W]}$$

— unghiul de înclinare (β) al tubului față de orizontală;

— diferența dintre temperaturile agentului cald (t_v) și cel rece (t_c);

— rezistențele termice exterioare (R_v, R_c, în K/W) între agenții exteriori și tubul termic.

Din experimentările efectuate se constată că debitul de căldură transportat de tubul termic crește rapid cu unghiul de înclinare β (fig 6) pînă la o valoare a acestuia de circa 30°, după care rămîne practic constant. Este recomandabil deci ca recuperatoarele construite să funcționeze în poziție verticală, cu agentul cald (zona vaporizatoare) în partea inferioară.

Pentru reducerea corespunzătoare a rezistențelor R_v și R_c, tuburilor termice destinate construcției bateriilor recuperatoare de tip gaze — gaze li se vor extinde, prin aripare, suprafețele exterioare de transfer de căldură.

Astfel, debitul de căldură transportat va tinde să se apropie de capacitatea maximă de transport a tubului termic, schimbătorul de căldură devenind compact și economic.

Analiza acestor ultime aspecte va face obiectul unei alte lucrări, măsurătorile pe modelele experimentale construite fiind în curs.

Bibliografie

[1] Leca, A. *Tubul cu capacitate de transfer al căldurii.* În: Energetica, 19, 1971, nr. 8, p. 409 — 413.

[2] Dunn, P. D. și Reay, D. A. *Heat pipes.* Pergamon Press, 1978.

[3] * * * *Recuperatoare de căldură cu tuburi termice pentru valorificarea căldurii disponibile la resursele energetice secundare,* ICEMENERG, lucrarea nr. 5319/1979.

[4] * * * *1-st International Heat Pipe Conference* (IHPC), Stuttgart, 1974.

[5] * * * *2-nd IHPC,* Bologna, 1976.

[6] * * * *3-rd IHPC,* Palo-Alto, California, 1978.

(Articol intrat în redacție în octombrie 1979)

Posibilități de utilizare a opacimetrelor la cazanele energetice alimentate cu păcură

Ing. V. Vărzaru *)

Una dintre tendințele actuale în dotarea cazanelor alimentate cu păcură este utilizarea opacimetrelor pentru controlul calității arderii, prin intermediul supravegherii transparenței gazelor de ardere.

Menținerea permanentă a excesului de aer optim în focar are drept consecință reducerea poluării atmosferei cu oxid de carbon și particule de carbon nears, realizarea unor economii de combustibil, precum și evitarea pericolului de incendiu datorită depunerii particulelor de carbon pe canalele de gaze de ardere.

În prezent, cazanele energetice alimentate cu păcură sînt prevăzute cu aparate pentru măsurarea O_2 și CO (sau $CO + H_2$), cu care se urmărește arderea.

Din cauza dificultăților la prelevarea gazelor de ardere dintr-o zonă a cazanului cu temperatură ridicată, prin intermediul sondelor răcite cu apă și datorită necesității filtrării gazelor de ardere, disponibilitatea acestor aparate este redusă, creînd probleme în exploatare.

De asemenea, printre dezavantaje se mai poate menționa și constanta de timp relativ ridicată (zeci de secunde).

Opacimetrele nu au dezavantajele menționate mai sus, ceea ce a făcut ca în prezent să fie montate la unele cazane pentru a furniza o informație suplimentară asupra arderii. În cazul nefuncționării oxigenometrelor și CO-metrelor, opacimetrele rămîn singurul mijloc de a urmări calitatea arderii.

Din cele de mai sus rezultă că devine avantajoasă utilizarea opacimetrelor dacă acestea au o fiabilitate mai ridicată, operații de întreținere mai reduse și preț mai mic decît oxigenometrele și CO-metrele.

Pentru realizarea unui opacimetru care să corespundă acestor deziderate, în cadrul ICEMENERG s-a întreprins o cercetare care a avut ca scop:

— stabilirea corelației între variația opacității gazelor de ardere și calitatea arderii;

— studierea posibilităților de realizare cu materiale produse în țară a unui opacimetru fiabil, ieftin și care să necesite întreținere redusă.

În cele ce urmează se vor prezenta cîteva dintre concluziile acestei cercetări.

*) Ing. Victor Vărzaru este cercetător științific principal III la ICEMENERG.

1. Corelația între variația opacității gazelor de ardere și calitatea arderii

Arderea păcurii poate fi considerată bună cînd pierderile prin nearse chimice și mecanice sînt minime, iar cantitatea de aer introdusă în focar se apropie de cea necesară arderii stoechiometrice.

Creșterea excesului de aer α peste 1,05, pe lîngă scăderea temperaturii în focar, care duce la scăderea randamentului cazanului, poate avea ca urmare o mărire a coroziunii de joasă temperatură.

Rezultă că există un exces de aer optim, corespunzător unor pierderi minim admisibile de nearse chimice și mecanice.

Utilizarea opacimetrelor pentru controlul arderii se bazează pe faptul că apariția nearselor mecanice este practic concomitentă cu apariția nearselor chimice (CO și H_2), datorită unor reacții care au loc în focar din cauza insuficienței oxigenului, astfel:

(1) $2\ CO \rightarrow C + CO_2$

(2) $CH_4 \rightarrow C + 2H_2$

(3) $CO_2 + 2H_2 \rightarrow C + 2H_2O$

Pentru a se studia influența excesului de aer asupra opacității gazelor de ardere, s-au montat opacimetre la canalele de gaze de ardere de la două cazane de 420 t abur/h alimentate cu păcură, pe porțiunea cuprinsă între preîncălzitorul de aer și ventilatorul de gaze de ardere. În prealabil a fost verificată funcționarea corectă a tuturor arzătoarelor.

În cele ce urmează, prin opacitate se înțelege raportul:

$$\frac{\Phi_0 - \Phi}{\Phi_0} \cdot 100\ \%,$$

unde

Φ_0 este fluxul luminos care intră într-un fluid cu particule opace în suspensie;

Φ — fluxul luminos care a străbătut fluidul cu particule opace în suspensie.

S-a obținut dependența tipică din figura 1, din care se observă că pentru valori ale excesului de aer α mai mici decît aproximativ 1,05, opacitatea crește rapid, datorită apariției de particule de carbon nears.

Curba a fost trasată luînd în considerare valorile medii ale opacității și excesului de aer.

Diagrama din figura 2 redă variația conținutului de oxid de carbon în gazele de ardere funcție de excesul de aer α. Se poate remarca faptul că la scăderea excesului de aer sub valoarea 1,05, concentrația de oxid de carbon crește relativ puțin, pînă la $\alpha = 1{,}0$, după care creșterea este pronunțată, ajungînd la 1% pentru $\alpha = 0{,}97$.

O variaţie asemănătoare o are şi concentraţia hidrogenului în gazele de ardere, ceea ce face ca unele instalaţii să fie prevăzute cu aparate care măsoară suma concentraţiilor $CO + H_2$.

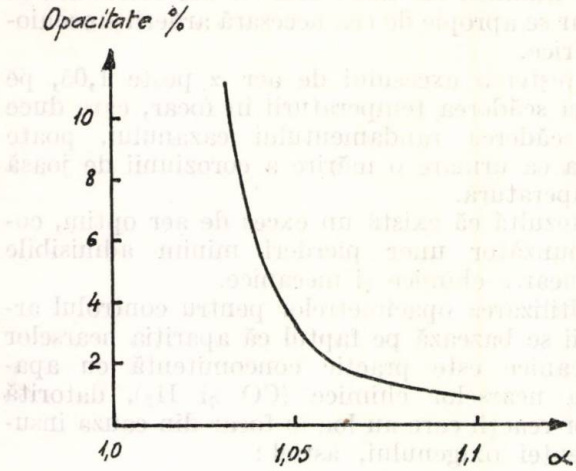


Fig. 1. Variaţia tipică a opacităţii gazelor de ardere în funcţie de excesul de aer α la cazane de 420 t/h alimentate cu păcură.

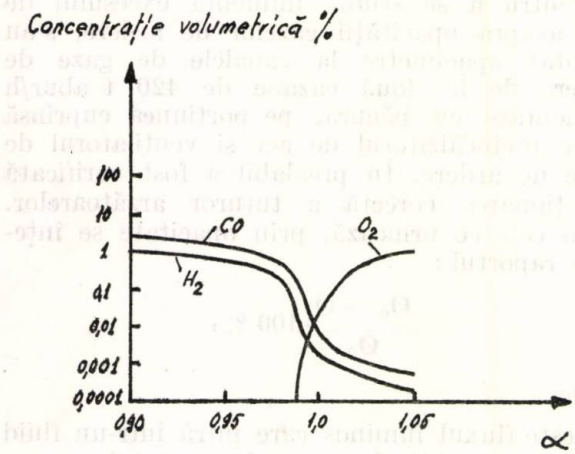


Fig. 2. Variaţia concentraţiei volumetrice a O_2, CO şi H_2 în gazele de ardere de la cazane alimentate cu păcură, în funcţie de excesul de aer α [3].

Deoarece aparatele curente de măsură a CO şi H_2, cu care sînt dotate cazanele, au o sensibilitate de ordinul procentelor la capăt de scală, rezultă că variaţia α între 1,0 — 1,05 este dificil să fie sesizată de aceste aparate.

Din acest punct de vedere sînt mai utile oxigenometrele, deoarece, după cum rezultă din figura 2, în domeniul de variaţie α = 1,0 — 1,05, variaţia relativă a concentraţiei de oxigen este importantă, fapt care le face utile pentru controlul arderii în condiţiile unui exces de aer optim.

La măsurarea conţinutului de O_2 în gazele de ardere apare însă necesitatea de a preleva gazele de ardere cît mai aproape de focar, pentru a elimina eroarea datorită pătrunderii aerului fals pe traseul gazelor de ardere. În consecinţă, gazele sînt prelevate dintr-o zonă cu temperatură ridicată, prin intermediul unor sonde răcite cu apă.

În practică sînt relativ dese cazurile de întrerupere a circulaţiei apei de răcire în sonde, avînd drept consecinţă deteriorarea sondelor şi implicit ieşirea din funcţiune a oxigenometrelor, scăzîndu-le astfel disponibilitatea.

2. Funcţiuni suplimentare ale opacimetrelor la cazanele alimentate cu păcură

Opacimetrele instalate pentru supravegherea arderii pot servi şi la:

2.1. *Supravegherea operaţiei de suflare cu abur a preîncălzitoarelor de aer regenerative.* Pentru curăţirea depunerilor din preîncălzitorul de aer, în prezent se execută suflarea cu abur timp de circa 15 — 30 min, la intervale regulate. Durata suflării cu abur este, de regulă, mai mare decît cea necesară. Acest lucru a fost constatat cu ocazia experimentărilor efectuate cu opacimetrul produs în ICEMENERG, la cazane de 420 t/h.

În figura 3 este redată variaţia opacităţii gazelor de ardere în timpul suflării cu abur. La începutul suflării apare o creştere bruscă a opacităţii datorită desprinderii de pe preîncălzitor a unei cantităţi mari de depuneri; apoi opacitatea începe să scadă după cîteva minute. Momentul în care se poate opri suflarea este indicat de revenirea la normal a opacităţii gazelor de ardere. Din acest moment, chiar dacă mai există depuneri pe preîncălzitor, suflarea în continuare este inutilă, deoarece depunerile nu se mai desprind.

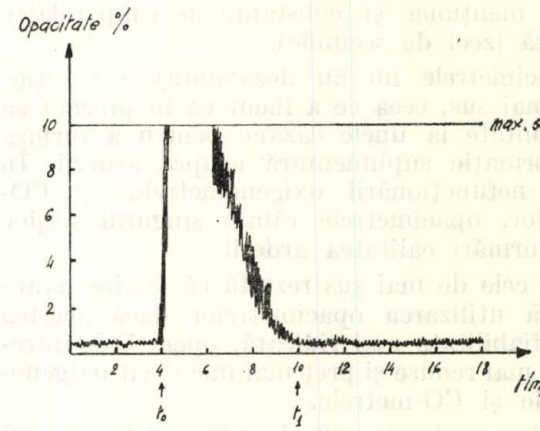


Fig. 3. Variaţia tipică a opacităţii gazelor de ardere în timpul suflării cu abur a preîncălzitoarelor de aer regenerative de la cazanele alimentate cu păcură:
t_0 — momentul începerii suflării; t_1 — momentul în care se poate înceta suflarea.

Limitarea duratei de suflare înseamnă economii de abur, deci de combustibil.

Din experimentări a rezultat că la o funcţionare normală a cazanului durata necesară a suflării trebuie să fie de circa 5 — 7 min, faţă de 15 — 30 min cît se execută suflarea în practica curentă.

2.2. *Curăţirea cu alice a drumului descendent de gaze de ardere.* În principiu, durata operaţiei de curăţire se determină cu opacimetrul în acelaşi mod ca la suflarea cu abur a preîncălzitoarelor.

Din experimentări a rezultat că, în acest caz, este necesar un timp mai lung de curăţire, în comparaţie cu cel utilizat în prezent, respectiv o cantitate mai mare de alice.

3. Opacimetrul realizat la ICEMENERG

Pe parcursul cercetării au fost studiate mai multe soluţii constructive, ajungîndu-se la o variantă care satisface condiţiile legate de sensibilitate, stabilitate, fiabilitate, întreţinere şi preţ, pe care trebuie să le îndeplinească un opacimetru pentru a fi util exploatării.

Această variantă este realizată pe baza brevetului [1] şi are ca principală caracteristică eliminarea completă a derivei nulului semnalului furnizat de opacimetru, cu toate că, din punct de vedere constructiv, este mai simplu şi deci mai ieftin decît aparatele „clasice" cu funcţiune similară produse în alte ţări.

Deriva nulului semnalului la opacimetrele „clasice" se datoreşte variaţiei tensiunii de alimentare a proiectorului şi receptorului de lumină, variaţiei temperaturii ambiante, precum şi depunerii prafului pe lentile sau pe geamurile de protecţie.

Pentru eliminarea derivei, la aceste aparate sînt folosite soluţii constructive care măresc complexitatea, scad fiabilitatea şi reclamă o întreţinere laborioasă din partea unor persoane bine pregătite.

Opacimetrul realizat în ICEMENERG — a cărui denumire industrială este ATGA-P (aparat pentru supravegherea transparenţei gazelor de ardere la cazane cu păcură) — este simplu din punct de vedere constructiv, complet lipsit de deriva nulului, necesită o întreţinere redusă, constînd din ştergerea geamurilor de protecţie de la proiector şi receptor la interval de o lună şi spălarea filtrului de aer cu schimbarea uleiului la interval de 6 luni.

ATGA-P este de fapt un ansamblu (fig. 4 şi 5), format din : proiector, receptor, bloc electronic, bloc semnalizare, filtru de aer.

3.1. *Principiul de funcţionare.* Proiectorul şi receptorul de lumină sînt montate pe pereţii opuşi ai canalului de gaze de ardere (fig. 6), după preîncălzitorul de aer.

Fascicolul de lumină produs de proiector străbate canalul de gaze de ardere şi ajunge la receptor, atenuat în funcţie de conţinutul de particule solide opace din gazele de ardere. Semnalul furnizat de receptorul de lumină este prelucrat în blocul electronic, fiind apoi aplicat unui bloc de semnalizare şi indicare. Este prevăzut şi un sistem de semnalizare optică, existînd şi contacte de releu destinate cuplării la semnalizarea acustică din camera de comandă termică, pentru avertizarea operatorului în cazul creşterii opacităţii gazelor de ardere peste o anumită limită. Blocul de semnalizare se montează în camera de comandă termică, celelalte subansamble montîndu-se local.

Pentru a împiedica pătrunderea gazelor de ardere în proiector şi receptor, ambele subansamble sînt prevăzute cu cîte un circuit de aer, care are următorul traseu : mediu ambiant, filtru de aer cu ulei, subansamblu (proiector sau receptor), canal de gaze de ardere. Circulaţia aerului se face datorită depresiunii din

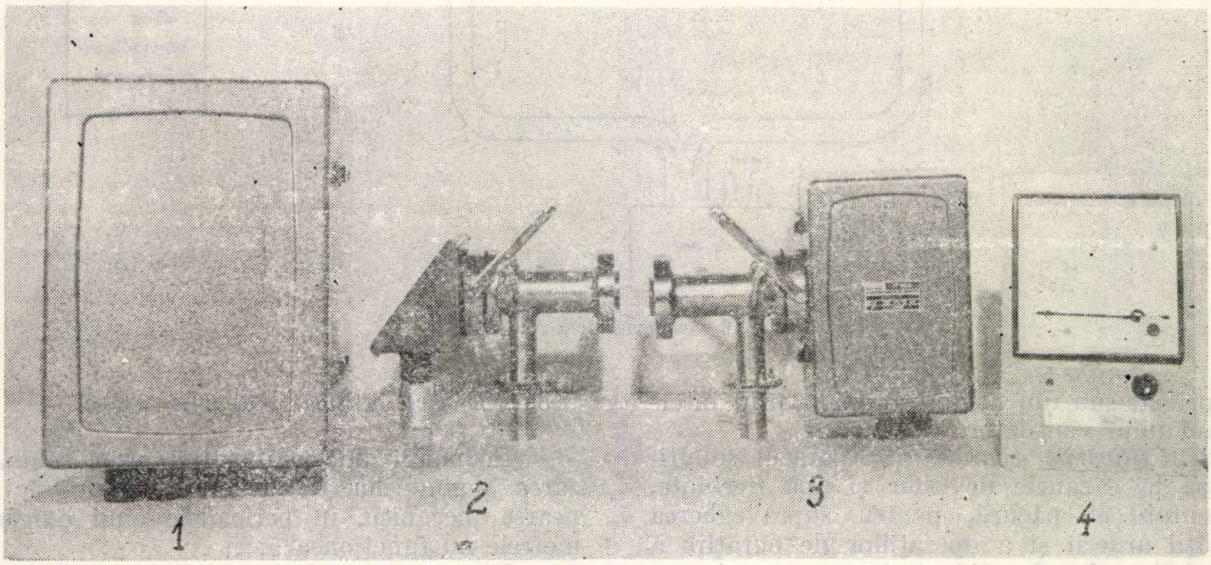


Fig. 4. Ansamblul ATGA-P:
1 — bloc electronic; *2* — receptor; *3* — proiector; *4* — bloc semnalizare.

canalul de gaze. La cazanele cu suprapresiune în focar, în funcţie de posibilităţile locale, aerul poate fi prelevat din instalaţia de aer

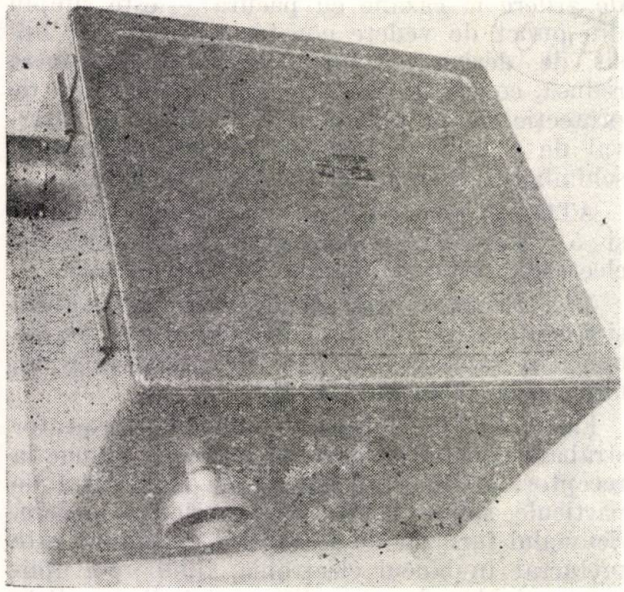


Fig. 5. Filtrul de aer al ATGA-P.

3.3. *Caracteristici tehnice*

— Gama de variaţie a transparenţei gazelor de ardere		0—10%
— Semnal de ieşire pe rezistenţă de sarcină de 600 ohmi		0—1 mA
— Derivă de nul a semnalului de ieşire		inexistentă
— Constanta de timp (pentru lanţul: receptor, bloc electronic, bloc semnalizare)		0,8 s
— Tensiunea de alimentare		24 V c.c.
— Puterea consumată		90 W
— Distanţa maximă între flanşele proiectorului şi receptorului		3,5 m
— Temperatura ambiantă		—25 ··· +50°C
— Filtru de aer		tip RP 12F — 04 — 201
— Diferenţa de presiune minimă necesară între intrarea filtrului de aer şi canalul de gaze		100 mm c.a.
— Greutate	— proiector	4,850 kg
	— receptor	3,650 kg
	— bloc electronic	8,250 kg
	— bloc semnalizare	1,650 kg
	— filtru de aer	12,500 kg
— Gabarit	— proiector	260×140×307 mm
	— receptor	230×108×235 mm
	— bloc electronic	355×243×377 mm
	— bloc semnalizare	260×164×120 mm
	— filtru de aer	430×400×280 mm

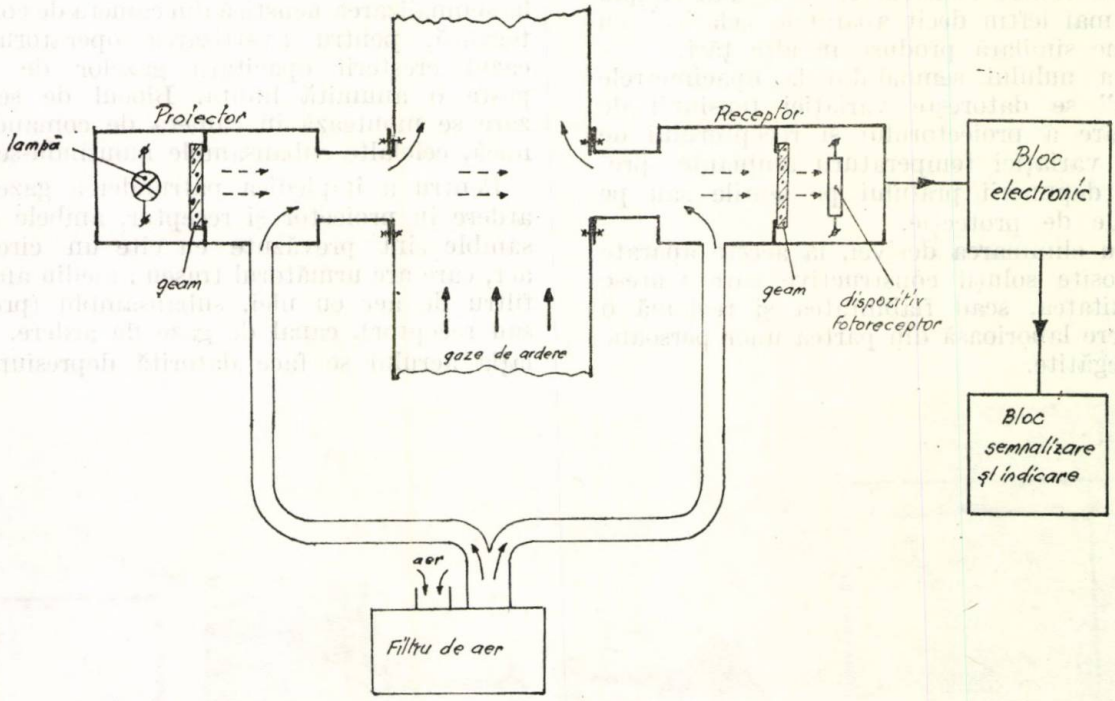


Fig. 6. Schema-bloc a ATGA-P.

comprimat sau din mediul ambiant prin intermediul unui ventilator.

3.2. *Utilizările aparatului.* Aparatul se utilizează la cazanele de abur şi apă fierbinte, alimentate cu păcură, pentru supravegherea calităţii arderii şi a operaţiilor de curăţire a schimbătoarelor de căldură din cazan prin suflarea cu abur şi curăţire cu alice.

3.4. *Efectele utilizării opacimetrului*

— Economii de combustibil prin semnalizarea regimurilor de ardere defavorabile cu nearse mecanice, în perioadele cînd oxigenometrele nu funcţionează.

— Micşorarea pericolului de incendiu care apare datorită depunerii în preîncălzitoare şi

canalele de gaze de ardere a particulelor de carbon nears.

— Economii de abur, prin limitarea la strictul necesar a operaţiunilor de suflare cu abur a preîncălzitoarelor şi curăţirii cu alice a drumului descendent de gaze de ardere.

ATGA-P este în curs de asimilare la ICEMENERG, urmînd să se producă în serie cu începere din anul 1980.

Bibliografie

[1] V ă r z a r u, V. *Opacimetru pentru dispersii neuniforme.* Brevet România nr. 65063.

[2] G o l i c i u, D. şi P o p e s c u, R. *Probleme ale arderii păcurii în centralele termoelectrice.* Studiu documentar, O.D.E. — M.E.E., Bucureşti, 1970.

[3] R o l k e r, J. *Untersuchungen zur Schwefelsäure — Taupunkt — Bestimmung in Rauchgasen.* În: VGB Kraftwerkstechnik 53, nr. 5, 1973.

(Articol intrat în redacţie la 14 iunie 1979)

Echivalarea şi estimarea în calculul reţelelor electroenergetice

Prof. dr. ing. **E. Potolea** *)

În luna mai 1979, autorul articolului de faţă a prezentat, la sesiunea de comunicări ISPE-ISPH, o lucrare cu titlul de mai sus, în care a propus schema RET (Reţea Echivalentă cu Transformatoare) pentru *echivalarea laturilor active* ale unei reţele electroenergetice [14].

În acest articol se utilizează schema RET pentru *echivalarea nodurilor active sau pasive* ale unei reţele electroenergetice, obţinîndu-se astfel modelul REX (Reţea cu nod Echivalent X), care s-a dovedit deosebit de eficient la calculul regimurilor permanente şi tranzitorii ale sistemelor electroenergetice.

Problema modelelor echivalente ale sistemelor electroenergetice a fost şi este o preocupare permanentă a specialiştilor [1] — [11]. Remarcăm succesul obţinut în ţară şi peste graniţă de modelele REI, elaborate de dr. doc. ing. Paul Dimo, membru corespondent al Academiei R.S.R.

În cele ce urmează autorul expune pe scurt teoria modelelor REX, pentru regimuri permanente şi pentru regimuri tranzitorii. Elementele originale ale lucrării sînt tratate cu suficiente detalii pentru a putea fi urmărite de specialişti. Modelul REX de regim permanent necesită demonstraţii simple, pe cînd modelul REX de regim tranzitoriu apelează la unele demonstraţii din teoria maşinii sincrone dezvoltată de autor în [12], [13].

1. Echivalarea rapidă

Regimurile simetrice ale reţelelor electroenergetice se modelează cu ajutorul schemei echivalente de succesiune directă din metoda componentelor simetrice. În calculul regimului permanent sinusoidal se utilizează schema echivalentă cu curenţi injectaţi la noduri, iar în calculul regimului tranzitoriu cvasisinusoidal [6] se utilizează schema echivalentă cu curenţi electromotori injectaţi la noduri. Ambele scheme se studiază cu metoda tensiunilor nodale, care necesită formarea unui sistem de ecuaţii fazoriale cu ordinul determinat de numărul nodurilor.

În cele ce urmează se prezintă un procedeu rapid de reducere a ordinului ecuaţiei matriciale a tensiunilor nodale, care se aplică fie pentru schema cu curenţi la noduri, fie pentru schema cu curenţi electromotori la noduri. Pe această cale se obţin ecuaţii transformate, care se asociază cu scheme echivalente cu număr redus de noduri.

Se notează cu m mulţimea nodurilor din schema echivalentă de succesiune directă (fig. 1 *a*) şi se scrie ecuaţia matricială a tensiunilor nodale:

$$\underline{Y}_{mm}\,\underline{U}_m = \underline{I}_m \tag{1}$$

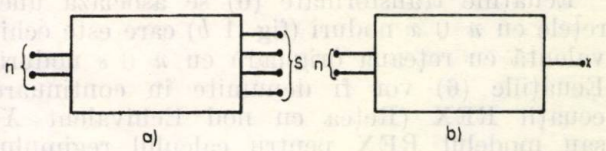


Fig 1. Schemele de succesiune directă: *a* — schema iniţială; *b* — schema transformată.

Mulţimea nodurilor se partiţionează în două submulţimi disjuncte $m = n \cup s$ şi se scrie ecuaţia (1) folosind matricele partiţionate:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{nn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{ns}\,\underline{U}_s &= \underline{I}_n \\ \underline{Y}_{sn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{ss}\,\underline{U}_s &= \underline{I}_s \end{aligned} \tag{2}$$

Pentru nodurile $i \in s$ se definesc două variabile auxiliare $\underline{U}_x$, $\underline{I}_x$, care satisfac relaţiile:

$$\underline{U}_i = \underline{T}_i \underline{U}_x; \qquad \underline{I}_x = \sum_{i \in s} \underline{T}_i^* \underline{I}_i \tag{3}$$

Ţinînd seama de (3), se demonstrează:

$$\underline{S}_x = \underline{U}_x \underline{I}_x^* = \sum_{i \in s} \underline{U}_i \underline{I}_i^* = \sum_{i \in s} \underline{S}_i \tag{4}$$

Relaţiile (3) se scriu sub formă matricială:

$$\underline{U}_s = \underline{T}\,\underline{U}_x; \quad \underline{I}_x = \underline{T}_t^*\,\underline{I}_s \tag{5}$$

unde $\underline{T}$ este matricea-coloană a operatorilor $\underline{T}_i$.

Cu relaţiile (5) se elimină $\underline{U}_s$, $\underline{I}_s$ din (2):

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{nn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{nx}\,\underline{U}_x &= \underline{I}_n \\ \underline{Y}_{xn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{xx}\,\underline{U}_x &= \underline{I}_x \end{aligned} \tag{6}$$

*) Institutul politehnic Bucureşti.

unde :

$$\underline{Y}_{nx} = \underline{Y}_{ns}\underline{T}\,; \quad \underline{Y}_{xn} = \underline{T}_t^*\,\underline{Y}_{sn}$$
$$\underline{Y}_{xx} = \underline{T}_t^*\,\underline{Y}_{ss}\,\underline{T} \tag{7}$$

Tensiunea $\underline{U}_x$ se alege arbitrar, exceptînd valoarea zero. Cu primele relaţii din (3) se calculează $\underline{T}_i$, iar cu relaţiile (7) se calculează submatricele din ecuaţiile transformate (6). Dacă se lucrează cu valori relative, se alege $\underline{U}_x = 1$ şi, ca urmare, $\underline{T}_i = \underline{U}_i$; din relaţiile (7) rezultă :

$$\underline{Y}_{ix} = \sum_{k\in s} \underline{Y}_{ik}\,\underline{U}_k\,; \quad i \in n$$
$$\underline{Y}_{xk} = \sum_{i\in s} \underline{U}_i^*\,\underline{Y}_{ik}\,; \quad k \in n \tag{8}$$
$$\underline{Y}_{xx} = \sum_{i\in s}\sum_{k\in s} \underline{U}_i^*\,\underline{Y}_{ik}\,\underline{U}_k$$

Ecuaţiile transformate (6) se asociază unei reţele cu $n \cup x$ noduri (fig. 1 *b*) care este echivalentă cu reţeaua originară cu $n \cup s$ noduri. Ecuaţiile (6) vor fi denumite în continuare ecuaţii REX (Reţea cu nod Echivalent X) sau modelul REX pentru calculul regimului permanent.

În mod analog se obţine modelul REX pentru calculul regimului tranzitoriu. În schema echivalentă de succesiune directă se simulează receptoarele prin admitanţe, iar generatoarele prin admitanţe şi curenţi electromotori.

Ecuaţia tensiunilor nodale este :

$$\underline{Y}_{mm}\,\underline{U}_m = \underline{J}_m \tag{9}$$

Se partiţionează mulţimea nodurilor $m = n \cup s$ şi se obţine din (9) :

$$\underline{Y}_{nn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{ns}\,\underline{U}_s = \underline{J}_n$$
$$\underline{Y}_{sn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{ss}\,\underline{U}_s = \underline{J}_s \tag{10}$$

Se efectuează schimbarea de variabile :

$$\underline{U}_i = \underline{T}_i\,\underline{U}_x\,; \quad \underline{J}_x = \sum_{i\in s} \underline{T}_i^*\,\underline{J}_i \tag{11}$$

şi se obţine din (10) :

$$\underline{Y}_{nn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{nx}\,\underline{U}_x = \underline{J}_n$$
$$\underline{Y}_{xn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{xx}\,\underline{U}_x = \underline{J}_x \tag{12}$$

Ecuaţiile transformate (12) formează modelul REX al schemei cu curenţi electromotori injectaţi la noduri.

Pentru cei care doresc să asocieze o schemă echivalentă unui model matematic, menţionăm că relaţiile de transformare (3) sau (11) se asociază cu schema RET (fig. 2 *a*), iar ecuaţiile transformate (6) sau (12) se asociază cu echivalentul REX (fig. 2 *b*).

Parametrii echivalentului REX se calculează în funcţie de admitanţele din matricea :

$$Y_{REX} = \begin{array}{c|c|c} & n & x \\ \hline n & 0 & \underline{Y}_{nx} \\ \hline x & \underline{Y}_{xn} & \underline{Y}_{xx} \end{array}$$

Folosind teoremele generalizate ale admitanţelor nodale [6] pentru reţelele cu transformatoare cu rapoarte rotitoare $\underline{T}_{ix} = e^{j\theta_{ix}}$, se exprimă parametrii echivalentului REX :

$$\underline{T}_{ix} = \sqrt{\frac{\underline{Y}_{ix}}{\underline{Y}_{xi}}}\,; \quad \underline{y}_{ix} = -\,\underline{Y}_{ix}\,e^{-j\theta_{ix}}$$
$$\underline{y}_{i0} = -\,\underline{y}_{ix}\,; \quad \underline{y}_{x0} = \underline{Y}_{xx} - \sum_{i\in s} \underline{y}_{ix} \tag{13}$$

Algoritmul de formare al modelului REX cu un nod echivalent x se aplică succesiv la formarea modelelor REX cu mai multe noduri

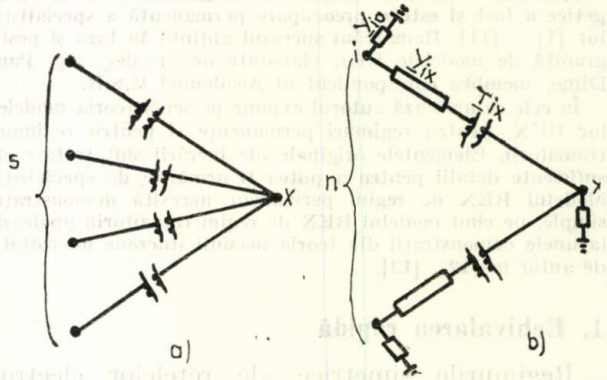


Fig. 2. Schema RET (*a*) şi echivalentul REX (*b*).

echivalente x_1, x_2, x_3. Se partiţionează matricele din modelele (6), (12) şi se formează noi modele REX, care conţin cîte un nou nod echivalent x.

2. Regimul permanent

Algoritmul de calcul al regimului permanent conţine următorii paşi :

1. Se dau caracteristicile P, U pentru unele noduri şi P, Q pentru alte noduri.

2. Se alege tensiunea U_{x0} şi se admit aproximaţii pentru toate tensiunile nodale $\underline{U}_i$.

3. Se partiţionează mulţimea nodurilor $m = u \cup s$ şi $s = s_U \cup s_Q$, unde s_U este mulţimea nodurilor de tip P, U, iar s_Q este mulţimea nodurilor de tip P, Q.

4. Se calculează modelul REX cu două noduri echivalente x_U, x_Q, considerînd $U_{x_U} = U_{x_Q} = U_{x_0}$.

5. Se alege un nod de echilibrare dintre nodurile P, U din mulțimea n și se rezolvă modelul REX.

6. Soluțiile de la pasul 5 se introduc în ecuația a doua (2) și se calculează $\underline{U}_s$.

7. Se reia algoritmul de la pasul 4 pînă cînd se verifică un criteriu de convergență a aproximațiilor.

La pasul 6 al algoritmului se poate utiliza orice program de regim permanent. La pasul 5 nu se poate utiliza programul bazat pe metoda decuplată-rapidă, care implică aproximații inadmisibile asupra admitanțelor modelului REX.

O metodă indicată pentru ambii pași 5 și 6 este metoda Z sau a factorizării matricelor de admitanțe și de impedanțe nodale. Eficiența metodei Z crește dacă se rezolvă problema nodurilor reglante P, U după cum urmează.

Se consideră ecuațiile analoage cu (2):

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{gg}\,\underline{U}_g + \underline{Y}_{gr}\,\underline{U}_r &= \underline{I}_g \\ \underline{Y}_{rg}\,\underline{U}_g + \underline{Y}_{rr}\,\underline{U}_r &= \underline{I}_r \end{aligned} \tag{14}$$

în care

g este mulțimea nodurilor P, U;
r — mulțimea nodurilor P, Q.

Cu nodurile $i \in r$ se formează nodul echivalent x și se calculează modelul REX:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{gg}\,\underline{U}_g + \underline{Y}_{gx}\,\underline{U}_x &= \underline{I}_g \\ \underline{Y}_{xg}\,\underline{U}_g + \underline{Y}_{xx}\,\underline{U}_x &= \underline{I}_x \end{aligned} \tag{14 a}$$

Se notează $t = g \cup r$ și se exprimă puterile complexe de la nodurile $i \in t$ ale modelului REX:

$$\underline{S}_i = \underline{U}_i \sum \underline{Y}^*_{ik}\,\underline{U}^*_k \tag{15}$$

Se alege un nod de echilibrare $e \in g$, se liniarizează relațiile (15) și se formează sistemul de ecuații din metoda Newton-Raphson.

Algoritmul de rezolvare a ecuațiilor (14) conține doi pași care se repetă pînă cînd se verifică un criteriu de convergență. Cu a doua relație (14) se calculează $\underline{U}_r$ folosind metoda Z. Cu relațiile (15) se calculează $\underline{U}_x$, θ_i, folosind metoda Newton-Raphson.

Matricea $\underline{Y}_{rr}$ din (14) se factorizează o singură dată, deoarece mulțimea r rămîne neschimbată. Dacă unele noduri de tip P, U devin noduri de tip P, Q, se modifică numai ecuațiile Newton-Raphson.

Metoda expusă se utilizează la pașii 5 și 6 ai algoritmului general. La pasul 6 se înlocuiește a doua ecuație din (2) cu ecuațiile (14), considerînd $s = g \cup r$. La pasul 5 se înlocuiește modelul REX (6) cu ecuațiile (14), considerînd $n \cup x = g \cup r$. Cu nodurile $i \in r$ se formează un nod echivalent x și se notează $t = g \cup x$.

3. Regimul tranzitoriu

Se admit aproximațiile regimului tranzitoriu cvasisinusoidal [6]. Variabilele modelului matematic sînt de două categorii: *inerțiale*, care se calculează cu ajutorul ecuațiilor operaționale, și *neinerțiale*, care se calculează cu ajutorul ecuațiilor fazoriale. Cele două categorii de variabile se calculează folosind în mod succesiv modelele matematice ale generatoarelor și modelul matematic al rețelei.

3.1. *Modelul generatorului*

Curentul electromotor de succesiune directă $\underline{I} = \underline{Y}\underline{E}$ se exprimă în funcție de parametrii din axele d, q:

$$\begin{aligned} \underline{Y} &= \frac{1}{jX_q}; \quad \underline{E} = E_q\, e^{j\delta} \\ E_q &= \frac{X_q}{X_d} E_f + \left(1 - \frac{X_q}{X_d}\right) U_q \end{aligned} \tag{16}$$

unde

δ este argumentul fazorului de succesiune directă $\underline{E}$;
E_f — tensiunea electromotoare indusă prin rotație, $E_f = X_{df} I_f$;
U_q — componenta de pe axa q a tensiunii la borne, $U_q = U \cos(\delta - \theta)$.

În calculul regimului tranzitoriu cvasisinusoidal se utilizează reactanțele X'_q, X'_d și X''_q, X''_d și se definesc variabilele inerțiale E'_f, E''_f, E''_d. Ecuațiile (16) se înlocuiesc cu ecuațiile:

— pentru generatorul fără amortizoare

$$\begin{aligned} \underline{Y} &= \frac{1}{j\,X'_q}; \quad \underline{E} = E'_q\, e^{j\delta} \\ E'_q &= \frac{X'_q}{X'_d} E'_f + \left(1 - \frac{X'_q}{X'_d}\right) U_q \end{aligned} \tag{17}$$

— pentru generatorul cu amortizoare

$$\begin{aligned} \underline{Y} &= \frac{1}{j\,X''_q}; \quad \underline{E} = (E''_q - j\,E''_d)\, e^{j\delta} \\ E''_q &= \frac{X''_q}{X''_d} E''_f + \left(1 - \frac{X''_q}{X''_d}\right) U_q \end{aligned} \tag{18}$$

Pentru generatorul fără amortizoare se consideră $X'_q = X_q$ și rezultă $E'_q = E_q$.

Variabila inerțială E'_f satisface ecuația operațională:

$$\Delta E'_f = \left(1 - \frac{X'_d}{X_d(p)}\right) \Delta U_q + \frac{X'_d}{X_d} \frac{F(p)}{p} \Delta E_f, \tag{19}$$

în care:

$$\frac{X'_d}{X_d(p)} = \frac{X'_d}{X_d} \frac{1 + pT'_{d0}}{1 + pT_d} \tag{20}$$

$$F(p) = \frac{p}{1 + pT'_d}$$

Variabilele inerțiale E''_d, E''_f satisfac ecuațiile operaționale:

$$\Delta E''_d = \left(1 - \frac{X''_q}{X_q(p)}\right) \Delta U_d \tag{21}$$

$$\Delta E''_f = \left(1 - \frac{X''_d}{X_d(p)}\right) \Delta U_q + \frac{X''_d}{X_d} \frac{F(p)}{p} \Delta E_f$$

în care:

$$\frac{X''_q}{X_q(p)} = \frac{X''_q}{X_q} \frac{1 + pT''_{q0}}{1 + pT''_q}$$

$$\frac{X''_d}{X_d(p)} = \frac{X''_d}{X_d} \frac{(1 + pT'_{d0})(1 + pT''_{d0})}{(1 + pT'_d)(1 + pT''_d)} \tag{22}$$

$$F(p) = \frac{p(1 + pT'_{df})}{(1 + pT'_d)(1 + pT''_d)}$$

Variabila ΔE_f din ecuațiile (19) și (21) se exprimă cu relația:

$$\Delta E_f = -A\Phi(p)\Delta U, \tag{23}$$

în care

$\Phi(p)$ este funcția de transfer a sistemului de reglare automată a tensiunii;

A — coeficient de amplificare; detalii asupra acestui coeficient se dau în [8];

ΔU — abaterea tensiunii la borne U, față de tensiunea de consemn $\Delta U = U - U_0$.

Variabilele inerțiale δ, ω satisfac ecuațiile diferențiale:

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_0$$

$$\frac{T_n}{\omega_n} \frac{d\omega}{dt} = \frac{\omega_n}{\omega} \frac{P_m - P_e}{P_n} \tag{24}$$

în care

ω_n este pulsația nominală;

T_n — constanta nominală de inerție, în secunde;

P_m — puterea mecanică la arborele generatorului;

P_e — puterea electromagnetică la arborele generatorului;

P_n — puterea nominală a grupului motor-generator.

A doua ecuație din (24) se liniarizează în jurul valorilor din momentul t și se aplică transformanta Carson:

$$(pT_n + D)\frac{\Delta\omega}{\omega_n} = \frac{\omega_n}{\omega} \frac{\Delta P_m - \Delta P_e}{P_n} \tag{25}$$

unde

$$D = \left(\frac{\omega_n}{\omega}\right)^2 \frac{P_m - P_e}{P_n} \tag{26}$$

Variabila ΔP_m se exprimă cu relația:

$$\frac{\Delta P_m}{P_n} = -K\Psi(p)\frac{\Delta\omega}{\omega_n} \tag{27}$$

în care

$K\Psi(p)$ este funcția de transfer a regulatorului automat de turație;

K — panta caracteristicii de reglaj $K = 1/\sigma$, unde σ este statismul.

Ecuațiile operaționale (25), (27) se transformă într-un sistem de ecuații diferențiale de ordinul întîi și se rezolvă cu ajutorul unei metode de integrare numerică. Dacă funcția $\Psi(p)$ este suficient de simplă, se calculează originalele $\Delta\omega$ și ΔP_m din relațiile:

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_n} = -\frac{1}{\frac{\omega_n}{\omega}K\Psi(p) + pT_n + D} \frac{\omega_n}{\omega} \frac{\Delta P_e}{P_n}$$

$$\frac{\Delta P_m}{P_n} = \frac{K\Psi(p)}{\frac{\omega_n}{\omega}K\Psi(p) + pT_n + D} \frac{\omega_n}{\omega} \frac{\Delta P_e}{P_n} \tag{28}$$

Menționăm că în relațiile (28) se poate admite în mod obișnuit aproximația $D \simeq 0$.

3.2. *Calculul regimului*

Algoritmul de calcul al regimului tranzitoriu conține următorii pași:

1. Cu rezultatele din regimul permanent, anterior perturbației, se calculează admitanțele receptoarelor $\underline{Y} = \underline{S}^*/U^2$. Pentru generatoare se utilizează admitanțele $\underline{Y} = 1/j\,X'_q$

au $\underline{Y} = 1/jX_q''$ și se calculează matricea $\underline{Y}_m$ din (9).

2. Se calculează valorile inițiale ale variabilelor inerțiale E_f', E_f'', E_d''.

Pentru toate generatoarele se calculează E_q și δ din relația:

$$E_q e^{j\delta} = \underline{U} + j X_q \frac{\underline{S}^*}{\underline{U}^*} \tag{29}$$

Pentru generatoarele fără amortizoare se consideră $E_q' = E_q$ și se calculează E_f' din ultima relație (17). Pentru generatoarele cu amortizoare se calculează E_f din ultima relație (16) și apoi:

$$E_f'' = \left(1 - \frac{X_d''}{X_d}\right) U_q + \frac{X_d''}{X_d} E_f \tag{30}$$

$$E_d'' = \left(1 - \frac{X_q''}{X_q}\right) U_d$$

unde

$$\begin{aligned} U_q &= U \cos(\delta - \theta) \\ U_d &= U \sin(\delta - \theta) \end{aligned} \tag{31}$$

3. Se calculează curenții electromotori:

$$\begin{aligned} \underline{J} &= -\frac{j E_q'}{X_q'} e^{j\delta} \\ \underline{J} &= -\frac{E_d'' + j E_q''}{X_q''} e^{j\delta} \end{aligned} \tag{32}$$

4. Se calculează modelul REX (12) și se modifică matricele $\underline{Y}_{nn}$, $\underline{J}_n$, conform cu perturbația studiată.

5. Se rezolvă modelul REX.

6. Se calculează $\underline{U}_s$ din ultima ecuație (10):

$$\underline{Y}_{ss}\,\underline{U}_s = \underline{J}_s - \underline{Y}_{sn}\,\underline{U}_n \tag{33}$$

7. Se păstrează constante variabilele inerțiale și se recalculează U_q, U_d din (31) și

$$\begin{aligned} E_q' &= \frac{X_q'}{X_d'} E_f' + \left(1 - \frac{X_q'}{X_d'}\right) U_q \\ E_q'' &= \frac{X_q''}{X_d''} E_f'' + \left(1 - \frac{X_q''}{X_d''}\right) U_q \end{aligned} \tag{34}$$

Cu noile valori din (34) se reia algoritmul de la pasul 3 pînă cînd se realizează convergența variabilelor E_q', E_q''.

8. Se calculează abaterile variabilelor neinerțiale ΔU_d, ΔU_q, ΔU, ΔP_e.

9. Se păstrează constante abaterile variabilelor neinerțiale și se calculează creșterile variabilelor inerțiale în intervalul de timp Δt.

10. Cu noile valori ale variabilelor inerțiale se reia algoritmul de la pasul 3.

Precizăm două aspecte caracteristice ale algoritmului:

— variabilele inerțiale se calculează cu ajutorul ecuațiilor operaționale, care descriu în mod independent stările generatoarelor;

— variabilele neinerțiale se calculează cu ajutorul ecuațiilor fazoriale, care descriu starea întregului sistem.

Dificultatea principală constă în calculul variabilelor neinerțiale. Datorită faptului că variabilele E_q', E_q'' din (34) nu sînt inerțiale, este necesar să se efectueze aproximații succesive pentru a calcula variabilele neinerțiale.

În cazul generatoarelor cu amortizare (cu poli înecați), se poate considera $X_d'' \simeq X_q''$, astfel că variabila E_q'' devine inerțială, $E_q'' = E_f''$. În cazul generatoarelor fără amortizoare (cu poli aparenți) nu se poate admite aproximația $X_d' \simeq X_q' = X_q$. Ultimul termen din prima relație (34) are o pondere importantă și poate provoca uneori divergența aproximațiilor succesive. Pentru a ieși din acest impas se utilizează algoritmul VAMY [1], așa cum se va arăta într-un alt articol.

4. Calculul contingențelor

Într-o subrețea a unui sistem electroenergetic vast se produce o perturbație bruscă, de exempu un scurtcircuit la un nod sau pe o linie. Ținînd seamă de caracteristicile sistemelor de protecție și automatizare, se stabilește o succesiune de evenimente (declanșări și deconectări) care duc la eliminarea perturbației și la modificarea configurației inițiale a rețelei. Se spune că se realizează un scenariu de desfășurare și eliminare a perturbației.

Luînd în considerație diferite scenarii, se cere să se calculeze regimurile permanente inițiale și finale, precum și regimurile tranzitorii de trecere de la o stare la alta. Se spune că se calculează contingențele pentru subrețeaua considerată a sistemului electroenergetic.

4.1. *Partiționarea rețelei*

Pe schema echivalentă de succesiune directă a unei rețele electroenergetice se trasează două suprafețe închise S și F, care intersectează numai laturi longitudinale și despică nodul zero (pămîntul fictiv al schemei de succesiune directă) (fig. 3). Se definesc trei rețele interconectate: rețeaua în studiu RS din interiorul suprafeței S, rețeaua intermediară RI și rețeaua exterioară RE din interiorul suprafeței de frontieră F.

Nodurile din *RE* care sînt incidente cu laturile de interconexiune dintre *RE* şi *RI* formează mulţimea *f* şi se numesc noduri de frontieră ale reţelei exterioare.

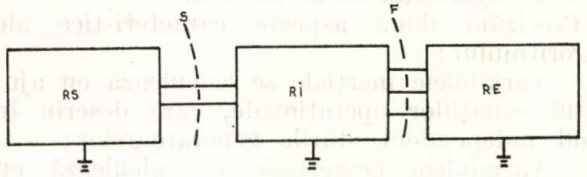


Fig. 3.

Se stabilesc scenariile pentru *RS* şi se calculează regimurile cu ajutorul unor echivalenţi estimativi ai reţelei exterioare *RE*.

Schema din figura 3 este valabilă pentru diferite variante, care interesează la calculul contingenţelor. În figura 4 *a* este prezentat cazul cînd *RS* face parte dintr-o reţea a unui sistem electroenergetic interconectat. În figura 4 *b* este prezentat cazul cînd *RS* se formează din liniile de interconexiune dintre două subreţele ale unui sistem electroenergetic interconectat.

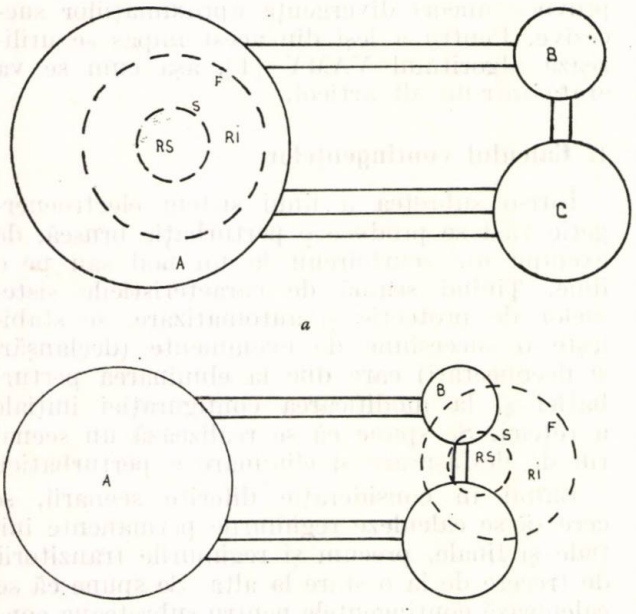


Fig. 4.

Cu notaţiile din figura 4 *a* se partiţionează matricea de admitanţe a sistemului interconectat :

$$\underline{Y}_{mm} = \begin{array}{|c|c|c|} \hline \underline{Y}_{AA} & \underline{Y}_{AB} & \underline{Y}_{AC} \\ \hline \underline{Y}_{BA} & \underline{Y}_{BB} & \underline{Y}_{BC} \\ \hline \underline{Y}_{CA} & \underline{Y}_{CB} & \underline{Y}_{CC} \\ \hline \end{array} \qquad (35)$$

Mulţimile de noduri *A*, *B*, *C* se partiţionează în cîte două submulţimi disjuncte $A = a \cup a'$ şi $B = b \cup b'$ şi $C = c \cup c'$. În mulţimea *a* se includ nodurile din *RS* şi *RI*, precum şi nodurile de pe frontiera reţelei *A*. În mulţimile *b* şi *c* se includ nodurile de pe frontierele reţelelor *B* şi *C*. Nodurile *a*, *b*, *c* formează mulţimea *n*, iar nodurile *a'*, *b'*, *c'* formează mulţimea *s*.

Cu nodurile *a'*, *b'*, *c'* se formează trei noduri echivalente, x_a, x_b, x_c, şi se calculează matricea transformată $\underline{Y}_{tt}$ a modelului REX :

$$\underline{Y}_{tt} = \begin{array}{|c|c|} \hline \underline{Y}_{nn} & 0 \\ \hline 0 & 0 \\ \hline \end{array} \begin{array}{l} n \\ x \end{array} + \underline{Y}_{REX}$$

unde

$$\underline{Y}_{REX} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|l} \hline & & & \underline{Y}_{ax} & & & a \\ \hline & & & & \underline{Y}_{bx} & & b \\ \hline & & & & & \underline{Y}_{cx} & c \\ \hline \underline{Y}_{xa} & & & \underline{Y}^{(a)}_{xx} & & & x_a \\ \hline & \underline{Y}_{xb} & & & \underline{Y}^{(b)}_{xx} & & x_b \\ \hline & & \underline{Y}_{xc} & & & \underline{Y}^{(a)}_{xx} & x_c \\ \hline \end{array} \qquad (36)$$

Matricea $\underline{Y}_{nn}$ din modelul REX rămîne neschimbată :

$$Y_{nn} = \begin{array}{|c|c|c|l} \hline \underline{Y}_{aa} & \underline{Y}_{ab} & \underline{Y}_{ac} & a \\ \hline \underline{Y}_{ba} & \underline{Y}_{bb} & \underline{Y}_{bc} & b \\ \hline \underline{Y}_{ca} & \underline{Y}_{cb} & \underline{Y}_{cc} & c \\ \hline \end{array} \qquad (37)$$

Matricea $\underline{Y}_{REX}$ modelează mai exact reţeaua originară dacă se formează cîte două sau trei noduri echivalente pentru fiecare din reţelele *A*, *B*, *C*. În acest caz, termenii $\underline{Y}^{(a)}_{xx}$, $\underline{Y}^{(b)}_{xx}$, $\underline{Y}^{(c)}_{xx}$ din (36) devin matrice de ordinul doi sau trei.

Nodurile echivalente ale unei subreţele se formează după cum urmează :

— *modelul de regim permanent*

x_U pentru echivalarea nodurilor de tip *P*, *U* ;

x_Q pentru echivalarea nodurilor de tip P, Q, în care se includ și nodurile pasive;

— *modelul de regim tranzitoriu*

x_T pentru nodurile de la bornele turbogeneratoarelor (generatoare cu poli înecați);

x_H pentru nodurile de la bornele hidrogeneratoarelor (generatoare cu poli aparenți);

x_0 pentru nodurile pasive.

4.2. *Regimul permanent*

Se calculează mai întîi un regim permanent al rețelei interconectate, care va fi considerat regim de referință.

Algoritmul de calcul al regimului de referință este cel expus la paragraful 2. Pasul 5 al algoritmului necesită rezolvarea ecuației (15), în care matricea $\underline{Y}_{ss}$ este cvasidiagonală. În consecință, ecuația (15) se înlocuiește cu trei ecuații independente:

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{AA}\underline{U}_A &= \underline{I}_A - \underline{Y}_{Ab}\underline{U}_b - \underline{Y}_{Ac}\underline{U}_c \\ \underline{Y}_{BB}\underline{U}_B &= \underline{I}_B - \underline{Y}_{Bc}\underline{U}_c - \underline{Y}_{Ba}\underline{U}_a \\ \underline{Y}_{CC}\underline{U}_C &= \underline{I}_C - \underline{Y}_{Ca}\underline{U}_a - \underline{Y}_{Cb}\underline{U}_b \end{aligned} \qquad (38)$$

Noul regim permanent, corespunzător unui scenariu din RS, se calculează folosind numai modelul REX. Se păstrează matricea $\underline{Y}_{REX}$ din regimul de referință, dar se recalculează matricea $\underline{Y}_{aa}$ și eventual $\underline{I}_a$, conform cu scenariul. După rezolvarea modelului REX se calculează abaterile relative ale tensiunilor nodurilor de pe frontiera rețelei exterioare:

$$\varepsilon_i = \frac{U_{i0} - U_i}{U_{i0}}; \quad i \in f \qquad (39)$$

unde

U_{i0} este tensiunea din regimul de referință;

U_i — tensiunea din regimul în studiu.

Dacă $\varepsilon_i > \varepsilon$, se include în RI nodul $i \in f$. Se recalculează modelul REX și noul regim; se repetă operațiile pînă cînd se verifică condiția (39) pentru toate nodurile de frontieră.

Dacă $\varepsilon_i \leqslant \varepsilon$, atunci tensiunile din RI sînt calculate cu erori mai mici decît ε.

Includerea unui nou nod j în RI înseamnă trecerea nodului j din mulțimea s în mulțimea n. Matricea $\underline{Y}_{nn}$ din vechiul model se completează cu linia j și cu coloana j, iar termenii din noua matrice $\underline{Y}^{nou}_{REX}$ rezultă din relațiile:

$$\underline{Y}^{vechi}_{ix} = \underline{Y}^{nou}_{ix} + \underline{Y}_{ij}\underline{U}_j$$

$$\underline{Y}^{vechi}_{xi} = \underline{Y}^{nou}_{xi} + \underline{Y}_{ji}\underline{U}^*_j$$

$$\underline{Y}^{vechi}_{xx} = \underline{Y}^{nou}_{xx} + \sum_{i \in s \setminus j} \underline{Y}_{ij}\underline{U}_i\underline{U}^*_j +$$

$$+ \sum_{k \in s \setminus j} \underline{Y}_{jk}\underline{U}_j\underline{U}^*_K + \underline{Y}_{jj}\underline{U}^2_j$$

Ordinul matricei $\underline{Y}_{REX}$ crește cu o unitate. Pentru nodul j se calculează termenii $\underline{Y}_{jx}$, $\underline{Y}_{xj}$, folosind relațiile (8).

Timpul necesar testării modelului se reduce dacă se alege suprafața F pe baza experienței acumulate la calculul contingențelor.

Din cele de mai sus rezultă că modelul REX de regim permanent permite calculul contingențelor din RS odată cu testarea echivalentului rețelei exterioare.

4.3. *Regimul tranzitoriu*

Cu tensiunile nodale din regimul permanent de referință se calculează modelul REX de regim tranzitoriu. Se recalculează matricele $\underline{Y}_{aa}$ și eventual $\underline{J}_a$, conform scenariului. Se rezolvă modelul REX pentru primul moment al perturbației și se calculează

$$\varepsilon_x = \frac{U_{x0} - U_x}{U_{x0}} \qquad (40)$$

unde

U_{x0} este tensiunea aleasă a nodului x;

U_x — tensiunea calculată.

Valorile ε_x indică gradul de contaminare a rețelei exterioare cu perturbația din RS. Se stabilesc trei zone de contaminare:

I. Zona albastră, în care $\varepsilon_x < \varepsilon$

II. Zona galbenă, în care $\varepsilon \leqslant \varepsilon_x < \varepsilon_0$

III. Zona roșie, în care $\varepsilon_x > \varepsilon_0$

În calculul ulterior al procesului tranzitoriu se modelează generatoarele echivalente de la nodurile x după cum urmează:

Generatoarele din zona albastră se modelează prin curenți electromotori constanți $\underline{J}_x$. În zona albastră se delimitează uneori o regiune albă pentru $\varepsilon_x \simeq 0$. Regiunea albă se decupează și se modelează prin curenți constanți injectați la nodurile de frontieră.

Pentru generatoarele din zona galbenă se admite că tensiunile electromotoare E'_f, E''_f, E''_d sînt constante, iar unghiurile δ sînt variabile. Avînd în vedere estimarea parametrilor tranzitorii ai generatorului echivalent (paragraful 5) se calculează tensiunile la bornele generatoarelor $i \in x$ în momentul 0_+:

$$\underline{U}_i \simeq \underline{T}_{i0}\underline{U}_x \qquad (41)$$

unde

$\underline{T}_{i0}$ sînt operatorii calculați din regimul de referință;

$\underline{U}_x$ — tensiunea calculată pentru momentul 0_+ al perturbației.

Pentru generatoarele din zona roșie se neglijează procesele tranzitorii din circuitele de

amortizare și deci se consideră că variabilele inerțiale sînt unghiurile δ și tensiunile electromotoare tranzitorii E'_i. Avînd în vedere estimarea parametrilor tranzitorii ai generatorului echivalent, se calculează tensiunile la bornele generatoarelor în momentul 0_+. În acest scop se rezolvă ecuațiile (38) pentru generatoarele din zona roșie.

Se calculează abaterile puterilor electromagnetice P_i la arborii generatoarelor și accelerațiile rotoarelor în momentul 0_+ :

$$a_i = \frac{\omega_n}{T_{ni}} \frac{\Delta P_i}{P_{ni}}$$

Dacă există accelerații de semne contrare, se formează două mulțimi de generatoare x_+ cu accelerații pozitive și x_- cu accelerații negative.

Pentru fiecare mulțime x_+ sau x_- se calculează două medii ponderate :

$$a = \sum \frac{P_{ni}}{P_{nx}} a_i ; \quad a_2^2 = \sum \frac{P_{ni}}{P_{nx}} a_i^2 \qquad (42)$$

unde P_{nx} este suma puterilor P_{ni}.

Se calculează indicatorul de calitate al generatorului echivalent :

$$\mu_x = \frac{a - a_2}{a} \qquad (43)$$

Se alege μ_0 în corelație cu ε_0 din zona roșie, de exemplu $\mu_0 = \varepsilon_0$.

Dacă $\mu_x < \mu_0$, se înlocuiesc generatoarele $i \in x$ cu un generator echivalent. Dacă $\mu_x > \mu_0$, se partiționează mulțimea x în două submulțimi disjuncte : x_{min} este submulțimea generatoarelor cu $a_i \leqslant a$, iar x_{max} este submulțimea generatoarelor cu $a_i > a$. Fiecare submulțime x_{min}, x_{max} se tratează în continuare ca o mulțime și se calculează a, μ cu relațiile (42), (43). Procesul de partiționare continuă pînă cînd este satisfăcută condiția $\mu \leqslant \mu_0$.

Pentru fiecare grup g de generatoare, care satisfac condiția $\mu \leqslant \mu_0$, se calculează un generator echivalent, adică se calculează reactanțele echivalente, constantele de timp echivalente și funcții de transfer echivalente ale regulatoarelor automate de tensiune și de turație.

Formarea grupurilor de generatoare după criteriul unic al accelerațiilor unghiulare implică ipoteza că parametrii generatoarelor și funcțiilor de transfer nu au dispersii exagerate. Dacă există generatoare cu caracteristici speciale sau cu funcții de transfer speciale, este necesar ca acestea să fie modelate exact, adică nodurile de la bornele acestor generatoare să se includă în mulțimea n.

După determinarea parametrilor generatoarelor echivalente din zona galbenă și zona roșie, se calculează regimul tranzitoriu din RS. Se utilizează algoritmul de la paragraful 3.2, din care se elimină pasul 6. Eliminarea pasului 6 duce la reducerea substanțială a timpului de calcul și justifică efortul pentru calculul modelului REX și al generatoarelor echivalente.

5. Generatorul echivalent

Se demonstrează relații generale pentru determinarea parametrilor unui generator echivalent. Relațiile pentru echivalarea reactanțelor și pentru estimarea constantei de inerție se utilizează pentru toate generatoarele din zonele galbenă și roșie. Relațiile pentru estimarea constantei de timp tranzitorii T'_d și a funcțiilor de transfer $\Phi(p)$, $\Psi(p)$ se utilizează numai pentru generatoarele din zona roșie.

5.10. *Echivalarea reactanțelor*

Se exprimă curentul la bornele unui generator din grupul $g \subset x$ și curentul la bornele generatorului echivalent cu grupul :

$$\underline{I}_i = \underline{J}_i - \underline{Y}_i \underline{U}_i ; \quad \underline{J}_i = \underline{Y}_i \underline{E}_i$$
$$\underline{I}_g = \underline{J}_g - \underline{Y}_g \underline{U}_g ; \quad \underline{J}_g = \underline{Y}_g \underline{E}_g \qquad (44)$$

Se scriu relațiile de transformare (3) pentru grupul g, observînd că $\underline{U}_g = \underline{U}_x$. Relațiile de transformare se introduc în primele relații din (44) și se obțin ultimele relații din (44), în care :

$$\underline{Y}_g = \sum_{i \in g} \underline{Y}_i T_i^2 ; \quad \underline{J}_g = \sum_{i \in g} \underline{T}_i^* \underline{J}_i \qquad (45)$$

Din (16) și (45) rezultă :

$$\frac{1}{X_{qg}} = \sum_{i \in g} \frac{T_i^2}{X_{qi}}$$
$$\frac{E_{qg}}{X_{qg}} e^{j\delta_g} = \sum_{i \in g} T_i^* \frac{E_{qi}}{X_{qi}} e^{j\delta_i} \qquad (46)$$

Deoarece $T_i = U_i / U_g$ și Real $\underline{U}_i^* e^{j\delta_i} = U_{qi}$, se obține din (46) :

$$\frac{U_g^2}{X_{qg}} = \sum_{i \in g} \frac{U_i^2}{X_{qi}}$$
$$\frac{E_{qg}}{X_{qg}} U_{qg} = \sum_{i \in g} \frac{E_{qi}}{X_{qi}} U_{qi} \qquad (47)$$

Cu ultima relație (16) se elimină E_q din (46) și se identifică termenii care depind de U_q și E_f:

$$\left(\frac{1}{X_{qg}}-\frac{1}{X_{dq}}\right) U_{qg}^2 = \sum_{i\in g}\left(\frac{1}{X_{qi}}-\frac{1}{X_{di}}\right) U_{qi}^2$$

$$\frac{E_{fg}}{X_{dg}} U_{qg} = \sum_{i\in g} \frac{E_{fi}}{X_{di}} U_{qi} \tag{48}$$

Cu primele relații din (47) și (48) se calculează reactanțele sincrone ale generatorului echivalent. Ultima relație din (47) se utilizează în continuare la estimarea constantei T'_d, iar ultima relație din (48) se poate utiliza la verificarea calculelor.

Relații analoage cu (46) și (48) se demonstrează pentru reactanțele tranzitorii X'_q, X_d și subtranzitorii X''_q, X''_d. Pentru generatoarele din zona galbenă se calculează reactanțele X''_q, X''_d sau X'_q, X'_d, după cum generatoarele au sau nu circuite de amortizare. Pentru generatoarele din zona roșie, se calculează pentru toate generatoarele numai X'_q, X'_d.

5.2. *Constanta de timp* T_n

Se pune condiția ca abaterea $\Delta\omega_g$ a generatorului echivalent de la nodul x să fie egală cu media ponderată a abaterilor $\Delta\omega_i$:

$$\Delta\omega_g = \sum_{i\in g} \frac{P_{ni}}{P_{ng}} \Delta\omega_i, \tag{49}$$

unde P_{nx} este suma puterilor nominale P_{ni}.

Se scrie relația (25) pentru momentul 0_+ și se consideră $\Delta P_m = 0$:

$$\frac{\Delta\omega}{\omega_n} = -\frac{1}{p\ T_n + D}\frac{\Delta P_e}{P_n} \tag{50}$$

Din relațiile (49) și (50) rezultă:

$$\frac{\Delta P_{eg}}{p\ T_{ng} + D_g} = \sum_{i\in g} \frac{\Delta P_{ei}}{p\ T_{ni} + D_i} \tag{51}$$

unde ΔP_{eg} este suma abaterilor ΔP_{ei}.

În relația (51) se consideră $p = 0$ și se obține $D_g = \Sigma D_i$. Dacă se admite $D_i \simeq 0$, rezultă din (51):

$$\frac{\Delta P_{eg}}{T_{ng}} = \sum_{i\in g} \frac{\Delta P_{ei}}{T_{ni}} \tag{52}$$

Aproximația $D_i \simeq 0$ se poate admite și pentru generatoarele din RS și RI. În consecință, constanta T_{ng} a unui generator echivalent din rețeaua exterioară (zona galbenă sau roșie) se calculează cu o bună aproximație cu ajutorul relației (52).

5.3. *Constanta de timp* T'_d

Se scrie ultima relație (48) pentru X'_d, E'_f și se liniarizează:

$$\frac{U_{qg}}{X'_{dg}} \Delta E'_{fg} + \frac{E'_{fg}}{X'_{dg}} \Delta U_{qg} =$$

$$= \sum_{i\in g}\left(\frac{U_{qi}}{X'_{di}} \Delta E'_{fi} + \frac{E'_{fi}}{X'_{di}} \Delta U_{qi}\right) \tag{53}$$

Variabila $\Delta E'_f$ se exprimă cu relația:

$$\Delta E'_f = \frac{1}{1 + pT'_d}\left[\frac{X'_d}{X_d} \Delta E_f + \right.$$

$$\left. + \left(1 - \frac{X'_d}{X'_g}\right) \Delta U_q\right] \tag{54}$$

Cu relația (54) se elimină E'_f din (53) și se identifică termenii care depind de ΔU_q și ΔE_f:

$$\left[\frac{E'_{fg}}{X'_{dg}} + \left(\frac{1}{X'_{dg}} - \frac{1}{X'_{qg}}\right) U_{qg} \frac{1}{1 + p\ T'_{dg}}\right] \Delta U_{qg} =$$

$$= \sum_{i\in g}\left[\frac{E'_{fi}}{X'_{di}} + \left(\frac{1}{X'_{di}} - \frac{1}{X'_{qi}}\right) U_{qi} \frac{1}{1 + p\ T'_{di}}\right] \Delta U_{qi} \tag{55}$$

$$\frac{U_{qg}}{X_{dg}} \frac{\Delta E_{fg}}{1 + p\ T'_{dg}} = \sum_{i\in g} \frac{U_{qi}}{X_{di}} \frac{\Delta E_{fi}}{1 + p\ T_{di}}$$

În prima relație (55) se consideră $p = \infty$:

$$\left[\frac{E'_{fg}}{X'_{df}} + \left(\frac{1}{X'_{dg}} - \frac{1}{X'_{qg}}\right) U_{qg}\right] \Delta U_{qg} =$$

$$= \sum_{i\in g}\left[\frac{E'_{fi}}{X'_{di}} + \left(\frac{1}{X'_{di}} - \frac{1}{X'_{qi}}\right) U_{qi}\right] \Delta U_{qi} \tag{56}$$

Ținînd seama de (56), se obține din (55):

$$C_g \frac{T'_{dg}}{1 + p\ T'_{dg}} = \sum_{i\in g} C_i \frac{T'_{di}}{1 + p\ T'_{di}} \tag{57}$$

unde:

$$C = \left(\frac{1}{X'_d} - \frac{1}{X'_q}\right) U_q \Delta U_q \tag{58}$$

Considerînd $p = 0$ în (57), se obține o relație simplă pentru calculul constantei T'_{dg} în

ipoteza că dispersia valorilor T'_{di} este acceptabilă:

$$C_g\, T'_{dq} = \sum_{i \in g} C_i\, T'_{di} \tag{59}$$

5.4. *Parametrii regulatoarelor*

În prima relaţie (28) se admite $\omega \simeq \omega_n$ şi $D \simeq 0$. Cu relaţia astfel obţinută se elimină $\Delta\omega$ din (49):

$$\frac{\Delta P_{eg}}{K_g \Psi_g(p) + p\, T_{ng}} = \sum_{i \in g} \frac{\Delta P_{ei}}{K_i \Psi_i(p) + p\, T_{ni}} \tag{60}$$

Cu relaţia (23) se elimină ΔE_f din (59):

$$A_g \frac{U_{qg}}{X_{dg}} \frac{\Phi_g(p)}{1 + p\, T'_{dg}} \Delta U_g = \sum_{i \in g} A_i \frac{U_{qi}}{X_{di}} \frac{\Phi_i(p)}{1 + p\, T'_{di}} \Delta U_i \tag{61}$$

Se admite că funcţiile $\Psi_i(p)$ şi $\Phi_i(p)$ au structuri asemănătoare; de exemplu:

$$\Psi_i(p) = \frac{1 + p\, T_{\omega i}}{1 + p\, T'_{\omega i}}$$

$$\Phi_i(p) = \frac{1 + p\, T_{ui}}{(1 + p\, T_{ui})(1 + p\, T''_{ui})} \tag{62}$$

Pentru $p = 0$ se obţine din (60) şi (61):

$$\frac{\Delta P_{eg}}{K_g} = \sum_{i \in g} \frac{\Delta P_{ei}}{K_i}$$

$$A_g \frac{U_{qg}}{X_{dg}} \Delta U_g = \sum_{i \in g} A_i \frac{U_{qi}}{X_{di}} \Delta U_i \tag{63}$$

Cu relaţiile (63) se calculează constantele K_g, A_g, iar cu relaţiile (60), (61) se estimează funcţii $\Psi_g(p)$, $\Phi_g(p)$ de forma (62).

În relaţiile (60), (61) se dau valori reale operatorului p şi se formează modelul matematic al pseudomăsurătorilor:

$$h_i(x) = z_i + \varepsilon_i, \tag{64}$$

în care

$h_i(x)$ este funcţia din partea stîngă a egalităţii (60) sau (61) pentru $p = p_i$;

x — vectorul parametrilor, care se estimează; constantele de timp din (63);

z_i — pseudomăsurătoarea sau valoarea calculată din partea dreaptă a egalităţii (60) sau (61);

ε_i — eroarea de măsură sau de pseudomăsură.

Estimaţia x a vectorului se calculează folosind metoda celor mai mici pătrate [6], care este prezentată în multe lucrări de specialitate.

În mod analog se formează modelul matematic pentru estimarea constantei T'_{dg} din relaţia (57).

Concluzii

Calculul regimurilor permanente şi tranzitorii din reţelele electroenergetice vaste necesită tratarea a două probleme centrale. Prima probemă se referă la teoria generală a modelelor echivalente, care permite economisirea memoriei calculatorului fără a provoca o risipă exagerată de timp. A doua problemă se referă la teoria particulară a echivalentului dinamic, care permite înlocuirea unui grup de generatoare printr-un generator echivalent, prevăzut cu regulatoare echivalente de turaţie şi de tensiune.

Am tratat prima problemă pe o cale nouă, care utilizează o schimbare de variabile pentru reducerea ordinului matricei admitanţelor nodale de la $N + S$ la $N + X$, unde $X \ll S$. Metoda de reducere a ordinului matricei admitanţelor nodale a fost denumită „echivalare rapidă", iar ecuaţia transformată a tensiunilor nodale a fost denumită „modelul REX".

Echivalarea propusă îşi reclamă atributul „rapidă" dacă se compară cu echivalarea „clasică", care se bazează pe eliminarea gaussiană a variabilelor şi a nodurilor.

Modelul REX prezintă următoarele avantaje faţă de alte modele pentru calculul reţelelor vaste:

1. Timpul de calcul al modelului REX este incomparabil mai redus decît timpul de calcul al modelelor obţinute prin eliminarea gaussiană (Ward etc.).

2. Modelul REX este utilizabil la calculul regimurilor de referinţă: regimul permanent şi regimul din primul moment al perturbaţiei. Eficienţa modelului REX la calculul regimurilor de referinţă nu poate fi comparată cu eficienţa celorlalte modele, deoarece acestea din urmă nu sînt utilizabile decît la calculul contingenţelor.

3. Calculul contingenţelor cu ajutorul modelului REX se efectuează odată cu testarea şi validarea modelului. Recalcularea modelului REX în decursul testării necesită numai utilizarea unor relaţii de corecţie sau de sinteză faţă de modelul iniţial. Renunţînd la comparaţii, trebuie precizat că scopul principal pentru care a fost creat modelul REX este eco-

nomisirea memoriei calculatorului la studiul rețelelor vaste. Dispunînd de un calculator și de un program clasic pentru calculul unei rețele cu M noduri, se pot calcula rețele cu nX noduri dacă se utilizează modelul REX. Se partiționează rețeaua în X subrețele cu cîte M noduri și se formează cîte un nod echivalent pentru fiecare subrețea. O condiție restrictivă, care se îndeplinește cu ușurință, este ca ordinul modelului REX să nu depășească numărul M, adică $N + X \leqslant M$. Dacă $M = 500$ și $X = 10$, rezultă că modelul REX permite calculul unei rețele cu 5000 noduri, cu condiția ca numărul nodurilor de frontieră ale subrețelelor să nu depășească $N = M - X = 490$.

Timpul de calcul al regimului din rețeaua vastă trece printr-un minim atunci cînd modelul REX și subrețelele au același număr de noduri M_{optim}. Dacă se utilizează un program Newton-Raphson pentru M noduri, atunci trebuie să se tindă către soluția optimă $M_{optim} = M$. Dacă se utilizează un program Seidel-Gauss pentru M noduri, atunci trebuie să se tindă către soluția optimă $M_{optim} = M_{minim}$.

Considerăm că în stadiul actual al cercetării problema modelului REX de regim permanent este rezolvată în bună parte. Elaborarea unui program performant pentru rețele vaste cu $3000 \sim 4000$ noduri este condiționată în prezent numai de finanțarea lucrării de către un beneficiar.

Cea de-a doua problemă enunțată, cu privire la echivalentul dinamic, a fost rezolvată într-un cadru mai larg al teoriei modelului REX de regim tranzitoriu. Dispunînd de modelul REX și de modelul matematic, propus de noi pentru mașina sincronă, am elaborat algoritmul de calcul al regimurilor tranzitorii în rețelele vaste.

Teoria modelului REX de regim tranzitoriu se continuă în mod logic cu teoria modelului dinamic pentru rețeaua exterioară. Am propus criterii simple pentru delimitarea zonelor de contaminare cu perturbație a rețelei exterioare și am demonstrat relații riguroase pentru echivalarea sau estimarea parametrilor modelului dinamic, în care sînt incluse generatoare sincrone, prevăzute cu regulatoare automate de turație și de tensiune.

Teoria modelului REX de regim tranzitoriu și teoria modelului dinamic nu au fost încă verificate experimental sau prin calcul. Aceste teorii se bazează însă pe modelul propus de noi pentru mașina sincronă, care a fost verificat experimental și prin calcul. Considerăm că există premisele pentru confirmarea teoriei modelului dinamic în studiile ce urmează.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Analiza nodală a sistemelor electroenergetice.* Editura Academiei R.S.R., București, 1968.

[2] Dimo, P. *Modele REI și indicatori de stare. Sisteme energetice interconectate.* Editura Academiei R.S.R., București, 1979.

[3] Ward, G. B. *Equivalent circuits for power flow studies.* În: AIEE Trans. PAS, 68, 1969, p. 373—378.

[4] Brown, H. E., Shipley, R. B., Coleman, D. și Nied, R. *A study of stability equivalents.* În: IEEE Trans. PAS-88, martie 1969, p. 200—207.

[5] Clang, A. și Adibi, M. *Power system dynamic equivalents.* În: IEEE Trans. PAS-89, nov./dec. 1970, p. 1737 — 1744.

[6] Undrill, I. M. ș.a. *Electromechanical equivalents for use in power system stability studies.* În IEEE Trans. PAS, sept./oct. 1979, p. 2060 — 2071.

[7] Lee Sty și Schweppe, F. C. *Distances measures and coherency recognition for transient stability equivalents.* În: PAS sept./oct. 1973, p. 1550 — 1557.

[8] Podmore, R. și Germond, A. *Development of dynamic equivalents for transient stability studies.* EPRI-Research Project 763 — Final Report, April 1977.

[9] Tinney, W. și Powell, W. *The REI approach to power network equivalents.* Conferința PICA, 1977, Toronto, Canada.

[10] Dy Liacco, T. E., Săvulescu, S. C. și Ramarao, K. A. *An on-line topological equivalents of power system.* IEEE Summer Meeting, Mexico, 1977.

[11] Dopazo, I. F., Irisarri, G. și Sasson, A. M. *Real-time external system equivalent for on-line contingency analysis.* IEEE Summer Power Meeting, Los Angeles, July 1978.

[12] Potolea, E. *Calculul regimurilor de funcționare a sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1977.

[13] Potolea, E. *Modelele și parametrii mașinii sincrone.* În: Energetica, 26, nr. 5 — 6 și 7 — 8, 1978.

[14] Potolea, E. *Echivalare și estimare în calculul sistemelor electroenergetice.* Sesiunea de comunicări ISPE-ISPH, mai 1979.

(Articol intrat în redacție în decembrie 1979)

Stabilirea nivelului optim de reducere a consumului tehnologic în rețelele de transport și distribuție dintr-o zonă geografică

Dr. ing. **Fl. Predan**
și subing. **D. Caraivan** *)

Consumatorii dintr-o zonă geografică cer o anumită cantitate de energie, care poate fi livrată din sursele locale și din sistemul electroenergetic utilizînd mijloacele de transport și de distribuție existente în acea zonă pînă în momentul analizei. În realizarea acestei operații se înregistrează o anumită energie consumată sub formă de consum tehnologic propriu al sistemului de transport și distribuție. Acest consum depinde de volumul de rețele de transport și distribuție realizat în acea zonă și de energia vehiculată prin aceste rețele, dar și de configurația acestei rețele și de modul cum se distribuie în timp energia cerută de consumatori.

Problema care se pune este dacă dotația cu rețele de transport și distribuție a zonei este suficientă pentru a se înregistra consumuri tehnologice mici; deci rețelele sînt bine dimensionate dacă rețelele existente sînt utilizate astfel încît, asigurînd parametrii de calitate ai energiei livrate, să se înregistreze consumuri tehnologice minime; dacă mai este oportună investirea de noi valori materiale în elemente noi de transport și distribuție numai pentru a reduce consumurile tehnologice, evident ceilalți parametri de calitate fiind deja asigurați. Prin investirea de noi valori materiale se poate realiza o reducere a consumului tehnologic, dar peste o anumită limită reducerea obținută nu justifică efortul material necesar atingerii acestui scop.

Una din problemele esențiale, deci, este și aceea ca pentru o rețea de transport și distribuție foarte complexă să se găsească limita pentru care nu mai este rațional să se investească noi valori materiale în vederea reducerii consumului tehnologic.

Lucrarea își propune să găsească o metodologie care să poată da un răspuns la întrebările amintite mai sus. Metodologia propusă reclamă o serie de date statistice pe linie energetică din zona geografică în studiu, care, în sistemul actual de organizare a evidenței din sectorul energiei electrice, pot fi obținute cu ușurință.

Criteriul de determinare a nivelului optim de reducere a consumului tehnologic dintr-o rețea complexă

Un palier de tensiune. Cînd investește valori materiale în realizarea unui element de rețea de transport sau de distribuție într-un palier oarecare de tensiune, societatea își propune să transporte anual prin el o anumită cantitate de energie, acceptînd înregistrarea pierderii unei anumite cantități de energie, și toate acestea cu înregistrarea unei eficiențe maxime. Dimensionarea acestui element pentru atingerea eficienței maxime, după cum se știe [2], se realizează prin minimizarea cheltuielilor de calcul:

$$Z_{ij} = (p_a + p_n)(k_1 + k_2 s_{ij}) l_{ij} + c \frac{3 I^2_{max} \rho \tau l_{ij}}{s_{ij}} + \\ + c T_0 U^2 G_0 l_{ij} + C'_e,$$

unde

— primul termen reprezintă cheltuielile anuale de amortisment și cota de eficiență economică a investiției;

— al doilea termen reprezintă cheltuielile anuale cauzate de consumul tehnologic în rezistența elementelor;

— al treilea termen, cheltuielile anuale cauzate de consumul tehnologic în conductanța transversală a elementului considerat;

— al patrulea termen, cheltuielile anuale de întreținere și exploatare a elementului în cauză.

S-au folosit următoarele notații:

p_a și p_n — cotele de amortisment și de eficiență economică ale investiției;
k_1 și k_2 — coeficienți de costuri unitare;
s_{ij} — secțiunea elementului de transport sau de distribuție;
l_{ij} — lungimea unui element de transport sau de distribuție;
c — costul mediu al energiei electrice pierdute;
$I_{max\,ij}$ — curentul maxim anual din elementul considerat;
ρ — rezistivitatea materialului elementului;
τ — timpul de pierderi pentru palierul considerat;
T_0 — timpul anual de funcționare a elementului considerat;
U — tensiunea de funcționare a palierului în studiu;
G_0 — conductanța transversală a elementului în studiu;
C'_e — cheltuielile anuale curente de întreținere și exploatare a elementului considerat.

Aceste cheltuieli au, în raport cu secțiunea, valoarea minimă pentru relația:

$$(p_a + p_n) k_2 s_{ij} l_{ij} = c \frac{3 I^2_{maxij} \rho \tau l_{ij}}{s_{ij}},$$

adică partea dependentă de secțiune a costului anual cauzat de investiții și a rentabilității

*) Autorii lucrează la ICEMENERG.

investiției trebuie să fie egală cu partea dependentă de secțiune a consumului tehnologic.

În acest mod se procedează, după cum este bine cunoscut [1], pentru dimensionarea unui element de transport sau de distribuție din sistemul electroenergetic și se verifică dacă dimensiunea optimă rezultată conduce la respectarea condițiilor de calitate pentru viitoarea circulație de energie electrică prin acest element.

Dacă se pune problema inversă : elementul de rețea fiind realizat, și deci investiția de valori materiale efectuată, ce pierdere de energie trebuie să se înregistreze în acest element și cîtă energie trebuie vehiculată prin el pentru a funcționa optim ?

Din (2), pentru un element de rețea, dacă se raportează la o secțiune aleasă pentru un palier de tensiune, se obține imediat :

$$\Delta E'_{ij} = \frac{p_a + p_n}{c} k_2 s_{ales} l'_{ij}, \qquad (3)$$

în care l'_{ij} este dat de relația :

$$l_{ij} s_{ales} = l'_{ij} s_{ij} \qquad (4)$$

și $\Delta E'_{ij}$ este consumul tehnologic în rezistența elementului în studiu.

Pentru toate elementele de rețea dintr-un palier de tensiune al unei zone geografice oarecare

$$\Delta E' = \frac{p_a + p_n}{c} k_2 s_{ales} \sum_{ij} l'_{ij} \qquad (5)$$

Se vede că energia care poate fi optim pierdută pe întregul palier de tensiune este proporțională cu însumarea tuturor lungimilor raportate ale rețelelor acestui palier — factor care poate fi obținut relativ ușor din datele statistice existente acum în organizarea exploatării rețelelor din țara noastră. Evident, consumul tehnologic total optim de energie pe întreg palierul este :

$$\Delta E = \frac{p_a + p_n}{c} k_2 s_{ales} \sum_{ij} l'_{ij} + T_0 U^2 G_0 \sum_{ij} l_{ij}$$

Valoarea energiei necesar a fi vehiculată printr-un element este dată tot de relația (2), de data aceasta fiind cunoscută valoarea $\Delta E'_{ij}$, calculată cu relația (3) :

$$\Delta E'_{ij} = \frac{3 I^2_{max} \rho \tau l'_{ij}}{s_{ales}} \qquad (6)$$

Corespunzător densității economice de curent a palierului de tensiune în studiu și timpului de utilizare a puterii maxime considerat pentru acest palier, pentru secțiunea aleasă corespunde un curent maxim ales, I_{max_a}. Relația (6), cu aceste observații, se poate scrie :

$$\Delta E'_{ij} = \frac{3 \rho \tau I^2_{max_a}}{s_{ales}} \frac{I^2_{max_{ji}}}{I^2_{max_a}} l'_{ij} \qquad (7)$$

Pentru toate elementele unui palier de tensiune, relația (7) se poate scrie :

$$\Delta E' = \frac{3 \rho \tau}{s_{ales}} I^2_{max_a} \sum_{ij} \gamma_{ij} l'_{ij} \qquad (8)$$

La complexitatea rețelelor actuale pe un palier de tensiune, din motive constructive, de întreținere mai ușoară și de eliminare mai operativă a defectelor, se utilizează aceeași secțiune sau secțiuni apropiate și factorii :

$$\gamma_{ij} = \frac{I^2_{max_{ij}}}{I^2_{max_a}}$$

sînt în mare majoritate egali cu unitatea. Se face aproximația considerării acestor factori ca egali cu unitatea, aceasta reprezentînd media situației reale de pe teren. Cu această observație, din relația (8) se scoate :

$$I_{max_a} = \sqrt{\frac{\Delta E' s_{ales}}{3 \rho \tau \sum_{ij} l'_{ij}}}, \qquad (9)$$

de unde se poate determina energia optim necesară de vehiculat prin elementele palierului de tensiune în discuție :

$$E = n U I_{max_a} \sqrt{3} T \cos \varphi_n$$

în care

T este timpul de utilizare a puterii maxime ;
n — numărul de elemente care constituie palierul de tensiune în studiu ;
$\cos \varphi_n$ — factorul de putere neutral din rețeaua considerată.

S-a găsit deci care este valoarea energiei optime de vehiculat prin elementele palierului în studiu și ce valoare a energiei va fi necesară pentru consumul tehnologic propriu al acestor elemente, pentru ca întreg palierul să funcționeze eficient.

Între două paliere de tensiune. Între două paliere de tensiune, ca element de sistem nu poate fi instalat decît un transformator. În acest caz, pierderile minime de energie și ener-

gia optimă de vehiculat prin transformatoarele conectate între două paliere de tensiune se pot stabili uşor.

Corespunzător unui anumit timp de pierderi şi unui timp de funcţionare a lui, se poate determina puterea maximă optimă de vehiculat printr-un transformator în decurs de un an :

$$S_{max_{opt}} = S_n \sqrt{\frac{\Delta P_0 T_0}{\Delta P_{cu} \tau}} \qquad (11)$$

Cu această valoare se poate determina energia optimă de vehiculat prin transformator şi consumul tehnologic înregistrat la vehicularea prin el a acestei energii în decurs de un an :

$$E = \Delta P_0 T_0 + \Delta P_{cu} \tau \frac{S^2_{opt_{max}}}{S^2_n} \qquad (12)$$

$$\Delta E = S_{max_{opt}} \tau \cos \varphi_n \qquad (13)$$

Evident, pentru toate transformatoarele care fac legătura între cele două paliere de tensiune, prin însumare, se găsesc valorile totale ale energiei şi pierderilor de energie de înregistrat pentru o funcţionare eficientă.

Este normal ca, din punct de vedere al eficienţei economice, reţelele existente într-o zonă geografică să fie comparate cu criteriile care au stat la baza proiectării lor şi să nu se investească valori materiale suplimentare pentru a se atinge un consum tehnologic mai mic cînd el putea să fie atins printr-o exploatare conform gîndirii iniţiale de la proiectarea lor.

Prin realizarea calculului de mai sus se obţine ΔE_{opt} la E_{opt} de vehiculat prin fiecare din palierele existente în zona geografică în studiu pentru o investiţie deja cheltuită şi se înregistrează ΔE_{real} şi E_{real} la aceeaşi investiţie cheltuită. De aici rezultă uşor criteriul de stabilire a oportunităţii investirii de noi valori în vederea micşorării consumului tehnologic.

1. Dacă $\Delta E_{real} > \Delta E_{opt}$ şi $E_{real} > E_{opt}$, reţeaua din zona geografică în studiu trebuie întărită, deoarece este o reţea subdimensionată (supraîncărcată). Ea reclamă investiţii suplimentare pentru a micşora consumul tehnologic de energie.

2. Dacă $\Delta E_{real} < \Delta E_{opt}$ şi $E_{real} < E_{opt}$, reţeaua este supradimensionată (slab încărcată) şi nu sînt necesare investiţii suplimentare.

3. Cazul în care $\Delta E_{real} < \Delta E_{opt}$ şi $E_{real} > E_{opt}$ nu este posibil în practică. Dacă apare această situaţie, este imediat necesară o verificare amănunţită a circuitelor şi a sistemelor de măsurare a energiei cumpărate şi vîndute.

Dacă $\Delta E_{real} = \Delta E_{opt}$ şi $E_{real} = E_{opt}$, cazul cel mai des întîlnit, este necesar de luat alte măsuri decît cele care recurg la investiţii, pentru micşorarea consumului tehnologic de energie şi aducerea cît mai aproape de situaţia cea mai eficientă.

Comparînd rapoartele :

$$\alpha_{real} = \frac{\Delta E_{real}}{E_{real}} \text{ şi } \alpha_{opt} = \frac{\Delta E_{opt}}{E_{opt}}, \qquad (14)$$

se poate aprecia care din mai multe zone geografice îşi utilizează mai eficient investiţia în reţelele electrice. Cu cît raportul

$$\varepsilon = \frac{\alpha_{real}}{\alpha_{opt}} \qquad (15)$$

se apropie mai mult de unitate, cu atît reţelele electrice realizate într-o zonă geografică sînt mai eficient utilizate.

Metoda permite şi normarea consumului tehnologic pentru un an viitor, dacă în acel an se cunosc : stadiul de dotare a reţelei şi energia care va fi vehiculată prin diferite paliere ale reţelei, şi se consideră că raportul ε îşi păstrează valoarea.

Pentru aflarea valorii coeficienţilor k_1 şi k_2 se procedează astfel :

Se calculează costul de deviz al unui km de linie de secţiune s_1 şi acelaşi cost pentru altă secţiune s_2. Deoarece costul trebuie să fie liniar în raport cu secţiunea şi lungimea, trebuie să satisfacă ecuaţia dreptei :

$$Y = k_1 + k_2 s \qquad (16)$$

şi, avînd în două puncte, s_1 şi s_2, cunoscute Y_1 şi Y_2, se pot calcula imediat k_1 şi k_2.

Concluzii

Metodologia analizată permite obţinerea unor date necesare pentru luarea deciziei investirii unor noi valori în vederea scăderii consumului tehnologic înregistrat în reţelele existente dintr-o zonă geografică sau pentru căutarea de noi metode de micşorare a acestui consum fără a investi noi valori materiale.

De asemenea, folosind această metodologie, se poate aprecia care din mai multe zone geografice îşi utilizează mai eficient reţelele din dotaţie şi se poate norma consumul tehnologic ce urmează a fi înregistrat de o zonă geografică în anii viitori.

Bibliografie

[1] * * * *Îmbunătăţirea randamentului instalaţiilor de transport şi distribuţie a energiei electrice* — Lucrare ICEMENERG nr. 5095 LSE, 1975.

[2] Miclescu, T. *Optimizări în sistemele electroenergetice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1977.

(Articol intrat în redacţie la 27 iulie 1979)

Asupra variației conforme a puterilor active și reactive în rețelele electrice

Dr. ing. **Gh. Cîrțină** *)

Considerații generale

În rezolvarea a numeroase probleme care se întîlnesc în rețelele sistemelor energetice este necesară cunoașterea variației în timp a puterilor active și reactive, lucru care complică, la rîndul său, calculele într-o măsură însemnată.

Dacă pentru o rețea dată și un regim dat, de exemplu, calculul pierderilor de putere (activă și reactivă) nu comportă dificultăți, energia disipată într-o rețea, într-o perioadă de timp, se determină foarte greu și necesită un volum mare de informații privind variația în timp a regimului.

Pe de altă parte, pentru determinarea repartiției optime a puterilor între sursele sistemului energetic, este necesar să se cunoască dependența cheltuielilor de exploatare, deci și a pierderilor, de variabilele ale căror valori optime se caută, respectiv puterile debitate în rețea. În acest scop se utilizează expresii de ordinul doi, denumite formule de pierderi. În calculul pierderilor diferențiale, dificultatea principală constă în determinarea coeficienților B și C ai formulelor de pierderi [2], [3], [5]. Complicația crește cînd se urmărește minimizarea pierderilor, în acest caz fiind necesar un calcul iterativ dificil. De obicei, formulele pierderilor diferențiale se prelucrează în ipoteza variației conforme a sarcinilor active și reactive

$$P_k = c_k P \tag{1}$$

$$Q_k = a_k P_k \tag{2}$$

unde a_k și c_k sînt constante, P — puterea activă consumată în sistem la o anumită oră, iar P_k și Q_k — puterile active și reactive în nodul k la aceeași oră.

Plecînd de la date experimentale reale și utilizînd funcțiile de regresie, lucrarea studiază valabilitatea ipotezei variației conforme $P - P$ și $P - Q$. De asemenea, se determină relații simplificate pentru calculul pierderilor de energie.

Mărimi statistice caracteristice ale variațiilor puterilor active și reactive

După cum se știe, consumatorii pot fi împărțiți în mai multe categorii [5]: comunali, industriali, transport electrificat, agricoli etc. Fiecare categorie se caracterizează printr-o alură a graficelor de sarcină ale puterilor active și reactive. Prin însumarea graficelor de sarcină ale consumatorilor din toate nodurile, se obțin graficele de sarcină ale sistemului, abstracție făcînd de pierderile în elementele rețelei. Exemple de grafice de sarcină, luate din literatura de specialitate [1], [4], se dau în figurile 1 — 4.

Din graficele respective se remarcă particularitățile fiecărui tip de consumator.

Pe lîngă puterile maxime (P_{max}, Q_{max}), minime (P_{min}, Q_{min}) și medii ($P_{med} = \bar{P}$, $Q_{med} = \bar{Q}$), pentru graficele de mai sus se mai pot determina și abaterile medii pătratice:

$$\sigma_P = \sqrt{\frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24}(P_i - \bar{P})^2} = \sqrt{\overline{P^2} - \bar{P}^2} \tag{3}$$

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{1}{24}\sum_{i=1}^{24}(Q_i - \bar{Q})^2} = \sqrt{\overline{Q^2} - \bar{Q}^2} \tag{4}$$

Pentru calculul abaterilor medii pătratice σ_P și σ_Q, expresiile din dreapta relațiilor (3) și (4) sînt preferabile primelor forme. Supralinierea semnifică media mărimilor respective.

Mărimea care caracterizează liniaritatea variației puterilor active și reactive este coeficientul de corelație $r(PQ)$, care are următoarea expresie [6].

$$r(PQ) = \frac{\overline{P \cdot Q} - \bar{P} \cdot \bar{Q}}{\sigma_P \, \sigma_Q} \tag{5}$$

Valorile obținute cu ajutorul expresiilor (3), (4) și (5) au fost înscrise pe graficele din figurile 1 — 4.

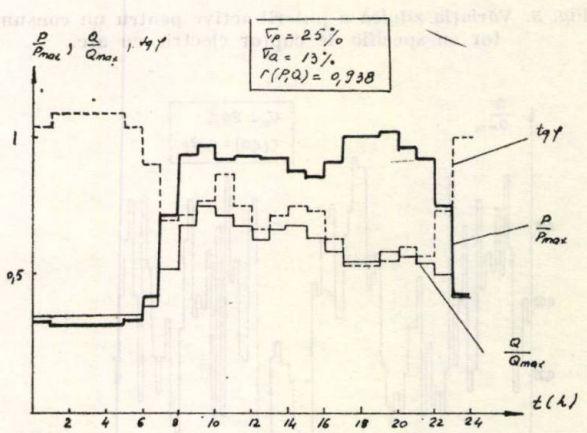


Fig. 1. Graficele zilnice de sarcină pentru un distribuitor de 6 kV — iarna.

În general, pentru două variabile X și Y, coeficientul de corelație $r(XY)$ este cuprins între -1 și $+1$, adică,

$$-1 \leqslant r(XY) \leqslant +1 \tag{6}$$

*) Dr. ing. Gh. Cîrțină este șef de lucrări la Catedra de electroenergetică, Facultatea de electrotehnică, Institutul politehnic Iași.

Dacă $r(XY) = \pm 1$, între cele două variabile există o dependență liniară. Cu cît coeficientul de corelație $r(XY)$ are valori mai apropiate de ± 1, cu atît corelația rectilinie dintre cele două caracteristici studiate este mai puter-

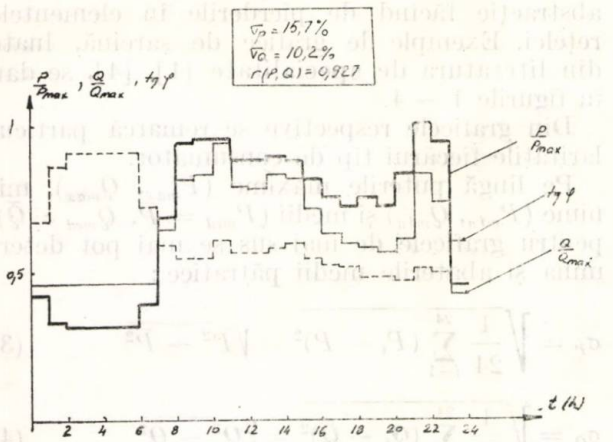


Fig. 2. Graficele zilnice de sarcină pentru un distribuitor de 6 kV — vara.

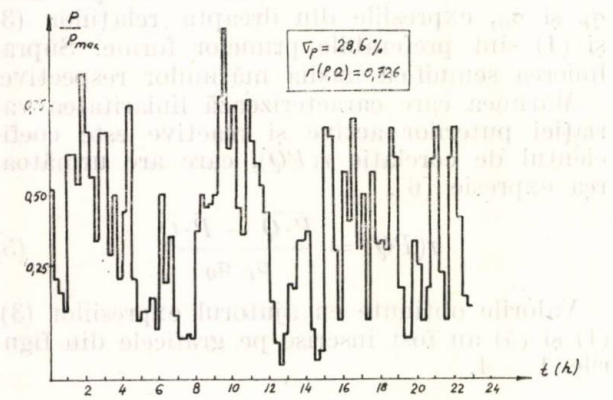


Fig. 3. Variația zilnică a puterii active pentru un consumator cu specific de cuptor electric cu arc.

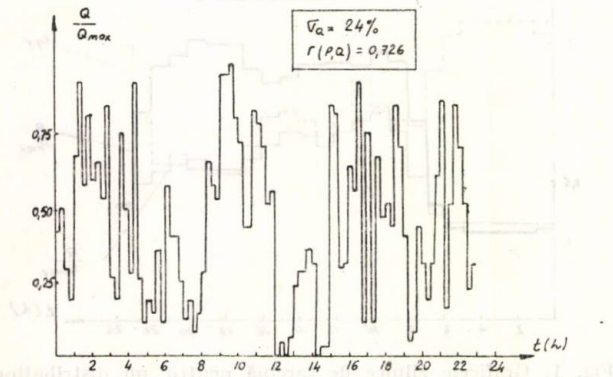


Fig. 4. Variația zilnică a puterii reactive pentru un consumator cu specific de cuptor electric cu arc.

nică. În caz contrar, cînd cele două caracteristici sînt independente, $r(XY) = 0$. Rezultă, deci, că testarea ipotezelor de variație conformă a puterilor se poate face prin compararea coeficienților de corelație respectivi cu unitatea.

Pentru studiul variației conforme a puterilor active s-a presupus că sarcina unui consumator are aceeași alură cu cea a rețelei (fig. 5), dar că este decalată în timp înainte cu $\tau = 2$ ore (P_2), cu $\tau = 4$ ore (P_4), ..., cu $\tau = 22$ ore (P_{22}) (tabelul 1). Deoarece $\sigma_{P_2} = \sigma_{P_4} = \ldots = \sigma_{P_{22}} = 22\%$ (în cazul graficului din figura 5), decalarea în timp afectează numai coeficienții de corelație $r(PP_i)$, care sînt trasați în figura 6.

Se constată din figura 6 că $r(PP_i)$ variază foarte rapid chiar pentru decalări mici, $\tau = 1$ oră, 2 ore. În cazul marilor consumatori industriali (cuptoare cu arc, blumînguri etc.), o ușoară decalare în timp în funcționarea uneia din unități afectează sensibil liniaritatea dependenței, așa cum se poate constata din figura 6.

Menționăm că pentru alte grafice de variație a puterilor, coeficienții de corelație $r(PP_i)$, sau $r(PQ)$ vor varia după alte legi decît cea din figura 6.

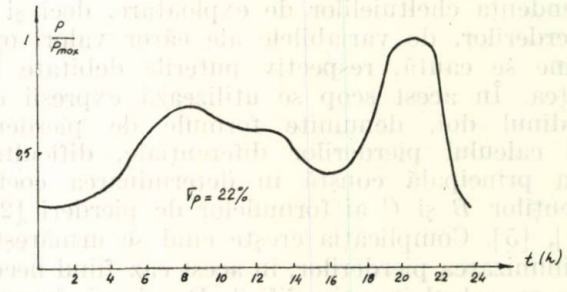


Fig. 5. Grafic zilnic de sarcină activă.

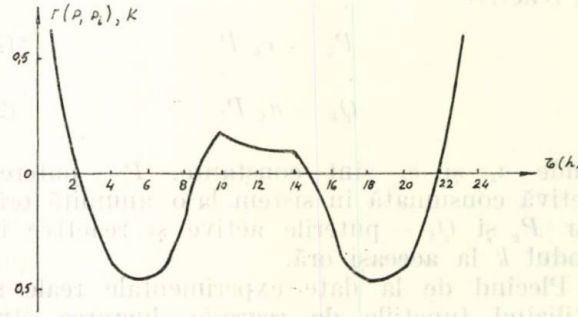


Fig. 6. Variația coeficientului de corelație $r(PP_i)$ în funcție de decalarea în timp a graficelor-tip (din fig. 5).

Utilizarea funcțiilor de regresie în studiul legăturilor P — Q și P — P

Legătura reciprocă dintre doi sau mai mulți factori se exprimă cu ajutorul funcțiilor de regresie [6]. În acest scop, pentru cazul variabilelor P și Q, ecuația de regresie a lui Q față de P este

$$Q = K(P - \bar{P}) + \bar{Q} \qquad (7)$$

Tabelul 1

h / P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
P	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26
P_2	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27
P_4	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34
P_6	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58
P_8	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70
P_{10}	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65
P_{12}	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60
P_{14}	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56
P_{16}	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40
P_{18}	0,80	0,99	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57
P_{20}	1	0,95	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99
P_{22}	0,34	0,26	0,26	0,27	0,30	0,34	0,45	0,58	0,67	0,70	0,70	0,65	0,61	0,60	0,60	0,56	0,43	0,40	0,43	0,57	0,80	0,99	1	0,95

unde

$$K = r(PQ) \cdot \frac{\sigma_Q}{\sigma_P} \qquad (8)$$

Pentru graficele de mai sus, în tabelul 2 sînt date, pe lîngă valorile abaterilor medii pătratice ale puterilor active și reactive și coeficienții de corelație $r(PQ)$, valorile coeficienților K (relația 8), în comparație cu valorile medii ale $\mathrm{tg}\varphi$.

Tabelul 2

Tipul consumatorului	$r(PQ)$	$\sigma_P(\%)$	$\sigma_Q(\%)$	K	$\mathrm{tg}\,\varphi$
Distribuitor 6 kV – vara	0,927	15,7	10,2	0,593	1,01
Distribuitor 6 kV – iarna	0,938	25	13	0,487	0,80
Consumator cu specific de cuptor electric	0,726	28,6	24	0,595	0,70

Dacă ne referim la un singur regim, sînt suficiente informațiile în legătură cu puterile active, precum și mărimile statistice caracteristice (pentru P și Q), calculate, cu alte ocazii, pentru consumatorul sau nodul respectiv. De asemenea, în expresiile pierderilor, relația (2) a variației conforme a puterilor ar trebui înlocuită, pentru exactitate, cu

$$Q_k = KP_k - K\bar{P}_k + \bar{Q}_k, \qquad (9)$$

unde K este cel dat de relația (8).

Pentru cazul pierderilor de energie, se calculează, mai întîi, cu ajutorul ecuației de regresie (7), expresia $(P_i^2 + Q_i^2)$:

$$P_i^2 + Q_i^2 = P_i^2(1 + K^2) + 2K\,(\bar{Q}_i - K\bar{P}_i)\;P_i - 2\;K\bar{P}_i\bar{Q}_i + \bar{Q}_i^2 + K\bar{P}_i^2, \qquad (10)$$

care conduce, pentru un interval de timp, de exemplu $T = n.$ 24 ore, la

$$n\sum_{i=1}^{24}(P_i^2 + Q_i^2) = T\{\bar{P}^2 + \bar{Q}^2 + (1 + K^2)\sigma_P^2\} \qquad (11)$$

Utilizarea relației (11) este foarte comodă dacă se ține seama că valorile medii ale puterilor pot fi calculate și din energiile contorizate, iar pentru celelalte mărimi statistice, K și σ_P, pot fi utilizate valori obținute la tipuri similare de rețele, noduri, consumatori etc. Dacă nu se dispune de asemenea mărimi, determinarea lor nu este o problemă, aceasta făcîndu-se cu ajutorul graficelor zilnice de sarcină.

Concluzii

1. În lucrare se dau valorile mărimilor statistice caracteristice pentru o serie de consumatori-tip.

2. Se prezintă o expresie a coeficientului de proporționalitate a puterilor active și reactive pentru cazul utilizării ipotezei variației conforme a sarcinilor. Această expresie include coeficientul de corelație și abaterile medii pătratice corespunzătoare, $K = r(PQ) \cdot \frac{\sigma_Q}{\sigma_P}$.

3. Lucrarea propune formule simplificate pentru determinarea pierderilor de energie în elementele rețelelor electrice. Acestea implică valori ce pot fi ușor determinate (relația 11).

4. În cazul determinării repartiției optime a surselor reactive într-o rețea, calculul se simplifică de o manieră simțitoare prin folosirea valorii medii și a abaterii medii pătratice a puterii reactive.

Bibliografie

[1] Aberson, M. L. *Optimizațiia regulirovaniia napreajeniia.* Energhiia, Moscova, 1975.

[2] Bercovici, M., Arie, A. și Poeată, A. *Rețele electrice. Calculul electric.* Editura tehnică, București, 1974.

[3] Chirculescu, N. *Analiza metodelor de determinare a pierderilor în rețelele sistemelor energetice.* În: Energetica, nr. 1, 1966, p. 25 — 29.

[4] Crstea, H., Fecioru, I. și Armencoiu, A. *Indicatori privind efectele comportării consumatorilor industriali asupra regimului de compensare în nodurile rețelei.* Sesiunea „Optimizări în dezvoltarea și exploatarea instalațiilor electroenergetice", Iași, octombrie 1978.

[5] Potolea, E. *Calculul regimurilor de funcționare ale sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1977.

[6] Tiron, M. *Prelucrarea statistică și informațională a datelor de măsurare.* Editura tehnică, București, 1977.

(Articol intrat în redacție la 26 octombrie 1979)

Separatorul cu gabarit constant asigură o optimizare a construcției stațiilor electrice interioare de 110 kV

ing. **B. Georgescu**,
ing. **B. Guzun**
și ing. **P. Rașcu** *)

1. Stații electrice de conexiuni de 110 kV realizate în clădire

1.1. *Domeniul de utilizare și profilul stațiilor electrice interioare*

Stațiile electrice de 110 kV realizate în clădire capătă o frecvență de utilizare din ce în ce mai mare datorită necesității de a pătrunde cît mai adînc în aglomerațiile urbane și cît mai în apropierea consumatorilor concentrați pe platformele industriale, de regulă în zone cu poluare intensă a atmosferei.

Această frecvență de utilizare a stațiilor electrice interioare de 110 kV realizate cu echipamente clasice, cu izolație externă în aer, este cu atît mai mare în cazul în care fie nu se dispune de echipamente izolate în SF_6, fie se dispune de astfel de echipamente, dar la costuri ridicate.

În prezent, profilul stațiilor de 110 kV din țară este limitat la scheme cu bare colectoare simple sau duble, secționate sau nu în lung cu separatoare sau întreruptoare, nemaiavîndu-se în vedere stații cu scheme electrice cu bare de ocolire, pe considerentul că majoritatea consumatorilor importanți dispun de cel puțin două căi separate de alimentare cu energie electrică din sistemul energetic.

1.2. *Echipamente electrice principale cu izolație externă în aer*

În prezent există în fabricație curentă în țară numai echipamente electrice de 110 kV cu izolație externă în aer, în următorii ani fiind prevăzută și asimilarea construcției echipamentelor capsulate izolate în SF_6 la această tensiune.

Pentru început aceste echipamente vor avea costuri ce vor depăși de 2 ori costul echipamentelor electrice clasice, ceea ce va determina utilizarea echipamentelor capsulate numai în cazuri bine justificate.

În cadrul seriei curente de echipamente electrice clasice de 110 kV în fabricație în țară se dispune de:

— întreruptorul cu ulei puțin de tip IO-110 echipat cu dispozitiv de acționare oleopneumatic, întreruptorul de tipul IUP-110 nemaifiind folosit în stațiile interioare;

— separatorul, a cărui dispoziție constructivă a evoluat în decursul timpului, de la un model cu un singur cuțit principal deschizîndu-se în planul izolatoarelor, la separatorul STE(P)-110 cu două coloane izolante rotative și cu două semicuțite principale rotindu-se

*) Bucur Georgescu este inginer principal gr. III la ISPE; Basarab Guzun este șef de lucrări la Catedra de centrale electrice din Institutul politehnic București; Paul Rașcu este inginer consilier la ISPE.

într-un plan perpendicular pe planul izolatoarelor, la separatorul semipantograf PHAF-123 avînd un singur cuțit principal articulat în formă de „picior de lăcustă", cu deplasare în planul izolatoarelor separatorului;

— transformatorul de intensitate de tip CESU-110 (mai recent CESO-110) izolat cu ulei (în cantitate mai mare de 60 kg pe unitate), dar a cărui execuție nu poate fi considerată o reușită datorită fiabilității scăzute. Ca urmare, astfel de transformatoare de intensitate sînt evitate a fi utilizate în stațiile interioare;

— transformatorul de tensiune de tip inductiv TEMU-110 izolat în ulei nu se folosește de regulă în stațiile interioare ținînd seama de rezultatele slabe dovedite în exploatare. În locul acestora se utilizează divizoarele capacitive de tensiune TECU-110 izolate de asemenea în ulei, deși conțin 80 l ulei pe compartiment separat;

— descărcătorul cu rezistență variabilă neasimilat în prezent în țară; se procură din import, cu performanțe dintre cele mai ridicate.

1.3. *Montarea echipamentelor electrice principale în stațiile de 110 kV interioare*

Pentru a ușura structura de rezistență a clădirilor stațiilor interioare, toate echipamentele electrice grele sau care produc impacturi puternice la operațiile de conectare-deconectare se montează la parterul clădirii, de regulă la nivelul solului. La nivelurile superioare ale clădirii se dispun separatoarele, uneori descărcătoarele cu rezistență variabilă și divizoarele capacitive de tensiune.

Datorită frecvenței mari de utilizare a separatoarelor în schemele electrice ale stațiilor, tipul lor constructiv, ca și modul lor de dispunere, exercită o mare influență în dispoziția constructivă de ansamblu a instalației atît în cazul stațiilor interioare cît și al stațiilor exterioare. Sub acest aspect, în cele ce urmează se face o analiză comparativă, prezentîndu-se calitățile unui nou tip de separator.

2. Influența tipurilor de separatoare asupra dispoziției constructive a stațiilor interioare de 110 kV

2.1. *Separatorul cu gabarit constant*

Comparativ cu seria uzuală de separatoare electrice cu izolație externă în aer, se evidențiază un nou tip de separator electric de construcție originală pe plan mondial, care a constituit obiectul unui brevet de invenție pentru unul dintre autorii prezentului articol.

Separatorul cu gabarit constant utilizează două coloane de izolatoare mobile în jurul axului lor propriu, avînd rilele în spirală, tip de izolator în fabricație curentă la unele firme din străinătate (Spirelec). Cuțitul principal al separatorului, ce face legătura prin două bucșe din material plastic între cele două coloane de izolatoare, se deplasează paralel cu el însuși ca urmare a efectului de înșurubare a celor două coloane de izolatoare.

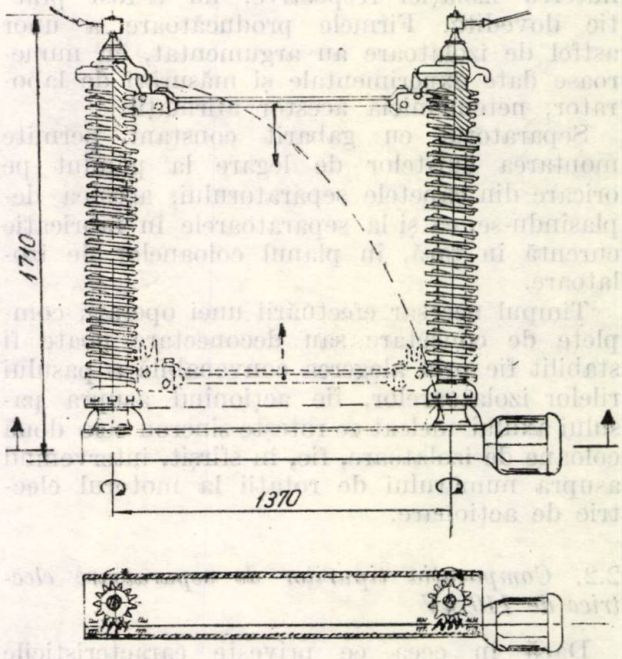


Fig. 1. Separatorul cu gabarit constant tip SGB-123.

Această deplasare se bazează pe progresele tehnicii actuale în realizarea izolatoarelor ceramice, care, înainte de coacere în cuptor, se execută cu toleranțe minime la strung, din pastă izolantă.

Separatorul este închis în poziția în care cuțitul se află la partea superioară a izolatoarelor, poziție în care acesta face contacte electrice de presiune cu pălăriile metalice mobile situate în capătul coloanelor izolatoare.

Rotirea coloanelor izolatoare în jurul propriei lor axe se face sincron, cu ajutorul unei tije metalice avînd angrenaje de tip melc acționate de un motor electric dispus lateral pe șasiul separatorului.

Separatorul este deschis în poziția în care cuțitul se află la partea inferioară a izolatoarelor, cele două poziții finale fiind controlate prin limitatoare electrice de cursă.

În cazul lipsei alimentării cu energie electrică a motorului de acționare a separatorului, cuțitul respectiv poate fi acționat și manual, prin utilizarea unei manivele convenabil dispusă.

Bucșele de la capetele cuțitului separatorului, confecționate din material plastic cores-

punzător ales, execută o frecare minimă pe izolatoare, ceea ce nu produce uzura în timp a glazurii izolatoarelor.

Utilizarea izolatoarelor de tip Spirelec, deși a făcut obiectul unor critici care reproșau acestui tip de izolator o proastă comportare în zonele poluate, considerîndu-se că prin spălarea naturală a acestora se produce o acumulare de impurități la partea inferioară a izolatoarelor, ajungîndu-se în timp la compromiterea izolației respective, nu a fost practic dovedită. Firmele producătoare a unor astfel de izolatoare au argumentat, cu numeroase date experimentale și măsurări de laborator, netemeinicia acestor afirmații.

Separatorul cu gabarit constant permite montarea cuțitelor de legare la pămînt pe oricare din capetele separatorului, acestea deplasîndu-se, ca și la separatoarele în fabricație curentă în țară, în planul coloanelor de izolatoare.

Timpul necesar efectuării unei operații complete de conectare sau deconectare poate fi stabilit fie prin alegerea convenabilă a pasului rilelor izolatoarelor, fie acționînd asupra pasului axului melcat ce rotește sincron cele două coloane de izolatoare, fie, în sfîrșit, intervenind asupra numărului de rotații la motorul electric de acționare.

2.2. *Comparația tipurilor de separatoare electrice de 110 kV*

Dacă în ceea ce privește caracteristicile electrice propriu-zise separatorul cu gabarit constant poate asigura aceleași performanțe ca și separatoarele uzuale, separatorul cu gabarit constant se remarcă printr-o serie de caracteristici constructive favorabile, și anume :

— deplasarea cuțitului principal al separatorului se execută uniform, perfect orizontal cu el însuși în tot timpul efectuării acționării și fără șocuri mecanice, neajunsuri pe care le prezintă toate celelalte tipuri de separatoare cunoscute ;

— eforturile de tracțiune aplicate în bornele separatorului cu gabarit constant nu influențează corecta închidere a cuțitelor principale, deoarece orice abatere de la poziția verticală a coloanelor de izolatoare este corijată continuu, prin deplasarea cuțitului principal al separatorului ;

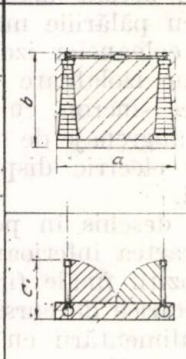
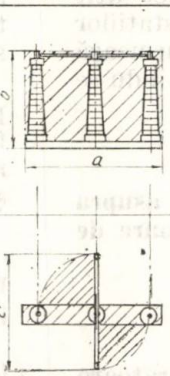
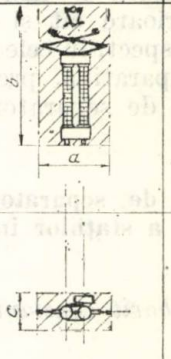
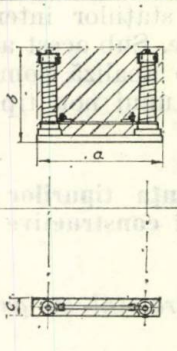
— separatorul cu gabarit constant nu se dereglează în timpul funcționării. El admite toleranțe mari la unghiurile de rotire ale coloanelor de izolatoare, spre deosebire de alte tipuri de separatoare, la care toleranțe relativ mici în cinematica separatorului pot avea consecințe importante în funcționarea aparatului ;

— ținînd seama de volumele ocupate în timpul acționării cuțitelor la diverse tipuri de separatoare, se constată că separatorul cu gabarit constant înregistrează volumul cel mai redus. În tabelul 1 acest indicator caracteristic se estimează la circa 42 % din volumul ocupat de separatorul cu deschiderea laterală a cuțitelor principale ;

— separatorul cu gabarit constant se comportă mai favorabil la ruperea micilor curenți capacitivi sau inductivi, fără a da naștere la arcuri electrice la separarea contactelor, aceasta producîndu-se treptat, prin două intervale

Tabelul 1

Caracteristici constructive ale separatoarelor de 110 kV

SEPARATOR		ROTATIV CU 2 COL. IZOL.	SEMIPANTOGRAF CU 2 COL. IZOL.	ROTATIV CU 3 COL. IZOL.	PANTOGRAF CU 2 COL. IZOL.	CU GABARIT CONSTANT
TIPUL		STE (P) - 110	PHAFI - 123	SA - 123	H 278 - 110 N	S.G.B. - 123
FURNIZOR		ELECTROPUTERE-CRAIOVA	ELECTROPUTERE-CRAIOVA	MAGRINI - ITALIA	SIEMENS - R.F.G.	INST. POLITEHNIC BUCUREȘTI
VOLUM OCUPAT DE CINEMATICA SEPARATORULUI						
Dimensiuni în mm	a	2000	1850	2240	1500	2000
	b	1710	2520	1060	3710	1710
	c	810	400	1360	625	260
Volum	dm³	2120	1565	2367	3478	889
	%	100	73,82	111,63	164,06	41,94

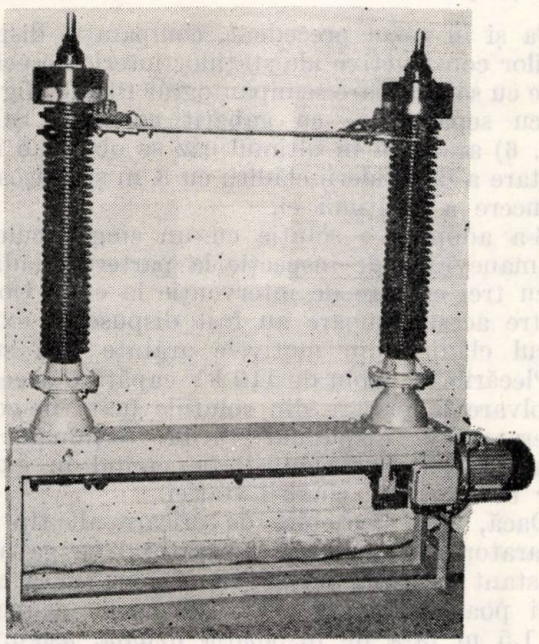
de rupere și înscrierea simultană între contactele sale a două porțiuni egale din coloanele de izolatoare;

— separatorul cu gabarit constant revine și cel mai economic din tipurile aflate în fabricație, datorită prezenței numai a două coloane de izolatoare-suport care sînt în același timp și coloane motoare;

— separatorul cu gabarit constant este, comparativ cu alte tipuri de separatoare, de o construcție mai simplă, mai robustă și deci cu o fiabilitate mai ridicată, el constituind în construcția separatoarelor de înaltă tensiune un remarcabil progres tehnic.

Se constată de asemenea că toate subansamblurile necesare execuției în R.S.R. a separatoarelor cu gabarit constant au mai fost folosite pînă în prezent și la alte tipuri de echipamente fabricate în țară, încît realizarea acestui separator nu mai necesită introducerea în fabricație a unor noi repere de execuție.

Un separator cu gabarit constant a și fost realizat cu titlul de prototip în cadrul Institutului politehnic București, la Laboratorul de echipamente electrice al Facultății de energetică. Separatorul monopolar este acționat cu



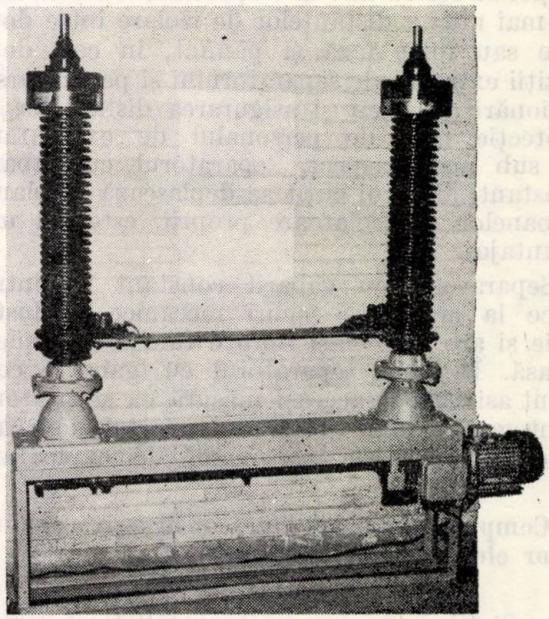
a

motor electric trifazat, comportîndu-se la numeroase acționări în condiții deosebit de bune.

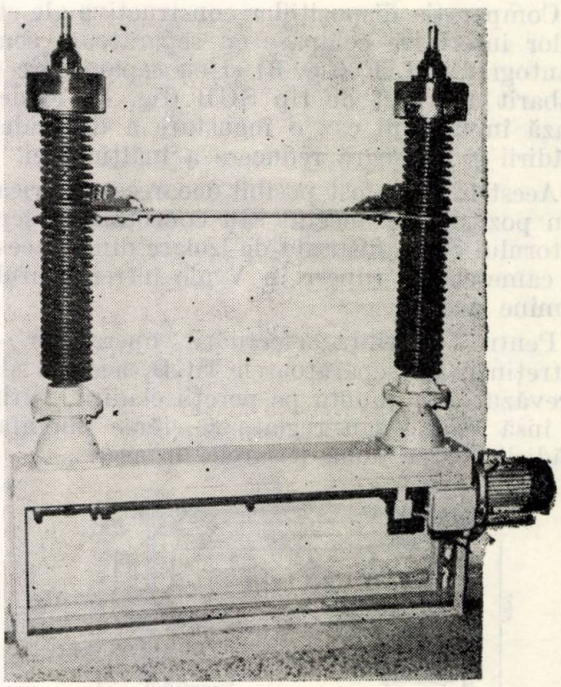
2.3. *Optimizarea dispoziției constructive a stațiilor de conexiuni interioare*

Alegerea unei dispoziții constructive cît mai bune înseamnă a utiliza la maximum volumul construit disponibil, limitînd pe cît posibil spațiile neutilizate. Dacă acest lucru depinde în mai mică măsură de celelalte echipamente electrice principale, el depinde în mare măsură de tipul constructiv al separatorului.

Separatorul trebuie să ofere largi posibilități de montare, fie cu izolatoarele verticale, fie cu ele orizontale, fie montat cu capul în



b



c

Fig. 2. Separatorul cu gabarit constant SGB-123 realizat în cadrul IP București, reprezentat în cele 3 poziții caracteristice, respectiv conectat (*a*), deconectat (*b*) și pe parcursul efectuării acționării (*c*).

jos, pentru a modela astfel instalația cît mai bine după spațiile disponibile.

Separatoarele în construcție uzuală nu permit toate aceste tipuri de montare, în timp ce

separatorul cu gabarit constant permite montarea sa atît în poziţie normală, pe perete şi chiar pe plafon.

Utilizarea raţională a volumului clădit al staţiei se referă atît la respectarea cu toleranţe cît mai mici a distanţelor de izolare între două faze sau între fază şi pămînt, în cele două poziţii extreme ale separatorului şi pe parcursul acţionării sale, cît şi asigurarea distanţelor de protecţie faţă de personalul de exploatare. Şi sub acest aspect, separatorul cu gabarit constant, al cărui cuţit se deplasează în planul coloanelor de izolatoare proprii, este cel mai avantajos.

Separatorul cu gabarit constant nu introduce la acţionare şocuri mecanice în instalaţie şi are în acelaşi timp o funcţionare silenţioasă. În plus, separatorul cu gabarit constant asigură, în aceeaşi măsură ca separatorul pantograf, o mare claritate a instalaţiei, calitate apreciată de personalul de exploatare.

3. Comparaţia dispoziţiilor constructive ale staţiilor electrice interioare de 110 kV

3.1. *Staţii interioare cu bare colectoare simple*

Comparaţia dispoziţiilor constructive ale staţiilor interioare echipate cu separatoare semipantograf PHAF (fig. 3) şi cu separatoare cu gabarit constant de tip SGB (fig. 4), evidenţiază în ultimul caz o îngustare a deschiderii clădirii şi o uşoară reducere a înălţimii ei.

Acest lucru a fost posibil deoarece, în oricare din poziţiile deconectat sau conectat ale separatorului SGB, distanţa de izolare dintre acesta şi camerele de rupere în V ale întreruptorului rămîne aceeaşi.

Pentru uşurinţa efectuării operaţiilor de întreţinere la separatoarele SGB, acestea s-au prevăzut a se monta pe pereţii clădirii, putînd fi însă scoase sau reglate şi şterse din afara clădirii, de pe două pasarele de acces.

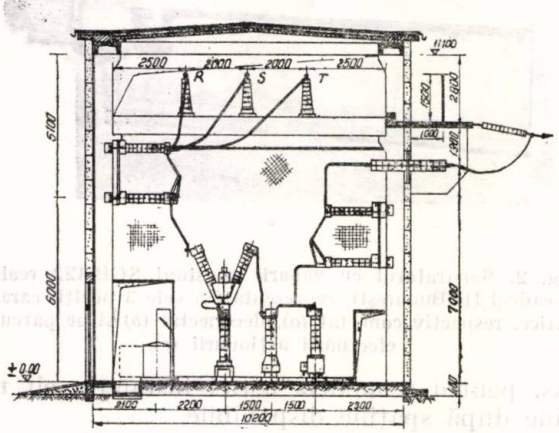


Fig. 3. Staţie interioară de 110 kV cu bare colectoare simple echipată cu separatoare semipantograf.

Aceste pasarele, care reprezintă coridoarele de intervenţie, nefiind în mod curent folosite, s-au scos în exteriorul clădirii, în interiorul

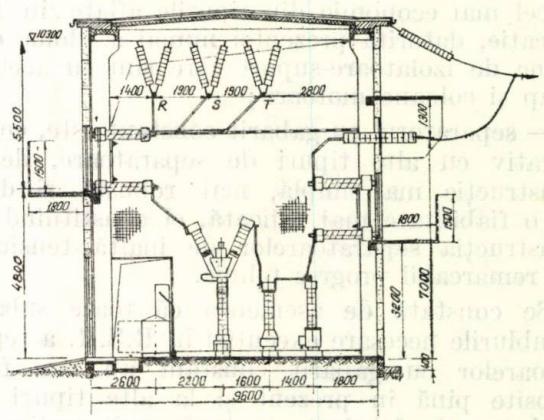


Fig. 4. Staţie interioară de 110 kV cu bare colectoare simple echipată cu separatoare cu gabarit constant.

staţiei păstrîndu-se un singur culoar de manevră şi de inspecţie a instalaţiei, ceea ce se consideră suficient.

3.2. *Staţii interioare cu bare colectoare duble*

Ca şi în cazul precedent, comparaţia dispoziţiilor constructive ale staţiilor interioare echipate cu separatoare semipantograf PHAF (fig.5) şi cu separatoare cu gabarit constant SGB (fig. 6) arată că în ultimul caz se obţine o îngustare a deschiderii clădirii cu 3 m şi o uşoară reducere a înălţimii ei.

S-a adoptat o soluţie cu un singur culoar de manevră şi de inspecţie la parterul clădirii şi cu trei culoare de intervenţie la etaj. Două dintre aceste culoare au fost dispuse în exteriorul clădirii din motivele arătate mai sus.

Plecările în cablu de 110 kV capătă o aceeaşi rezolvare în oricare din soluţiile luate în considerare, fie dispunînd cutiile terminale în grosimea stîlpilor clădirii, fie creînd în exterior boxe alipite clădirii staţiei.

Dacă, spre deosebire de oricare alt tip de separator, se montează separatorul cu gabarit constant cu capul în jos (fig. 7), înălţimea clădirii poate fi redusă sub grinda de acoperiş cu 1,5 m faţă de dispoziţia uzuală, asigurîndu-se o economicitate mai ridicată a soluţiei adoptate.

4. Aspecte tehnico-economice comparative ale staţiilor interioare de 110 kV

4.1. *Indicatori tehnici*

Utilizarea separatorului cu gabarit constant de tip SGB asigură ameliorarea indicatorilor specifici ai staţiilor interioare de 110 kV faţă de soluţiile anterior aplicate. Aceşti indicatori sînt redaţi în tabelul 2.

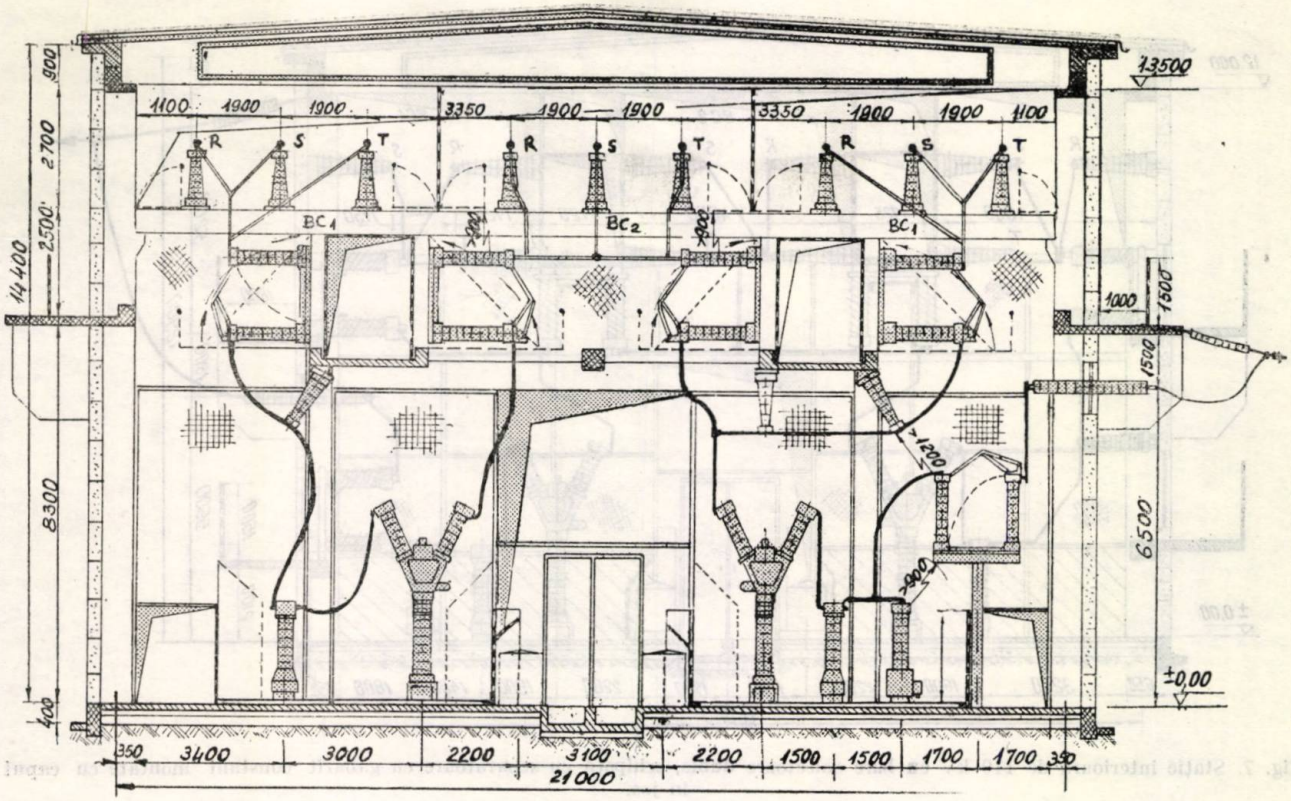


Fig. 5. Staţie interioară de 110 kV cu bare colectoare duble echipată cu separatoare semipantograf.

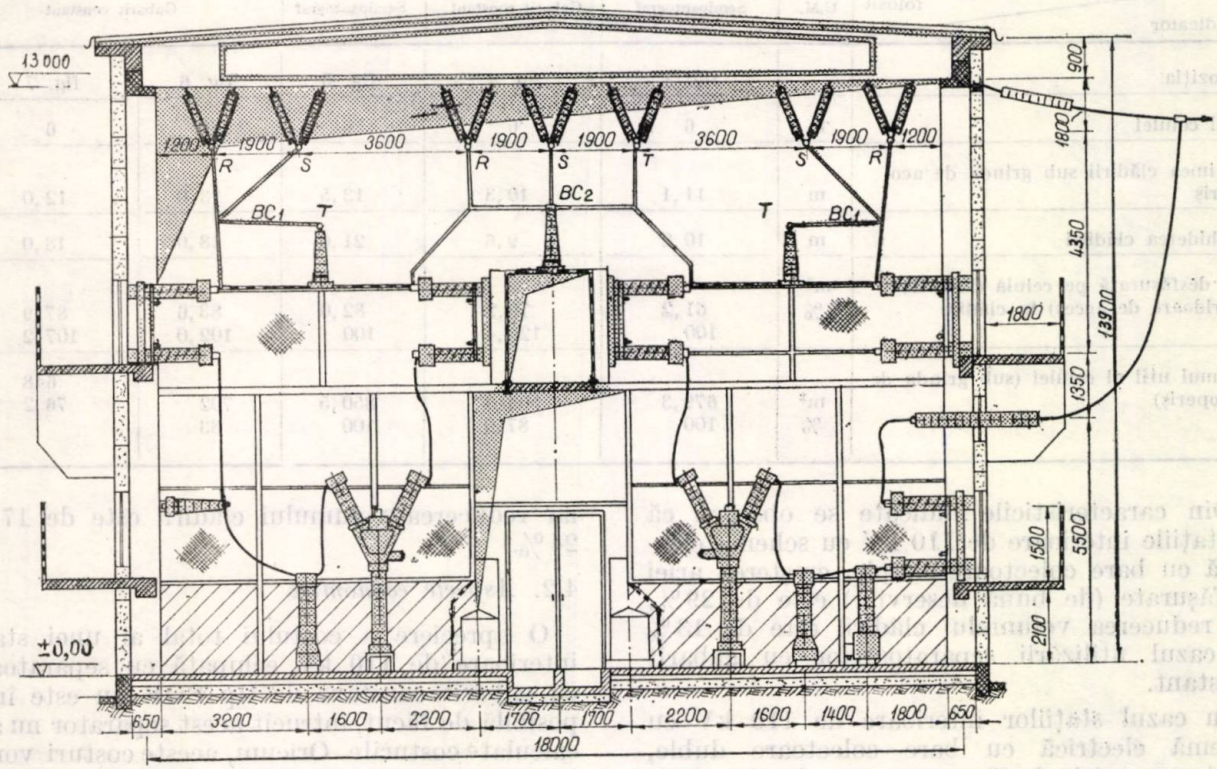


Fig. 6. Staţie interioară de 110 kV cu bare colectoare duble echipată cu separatoare cu gabarit constant.

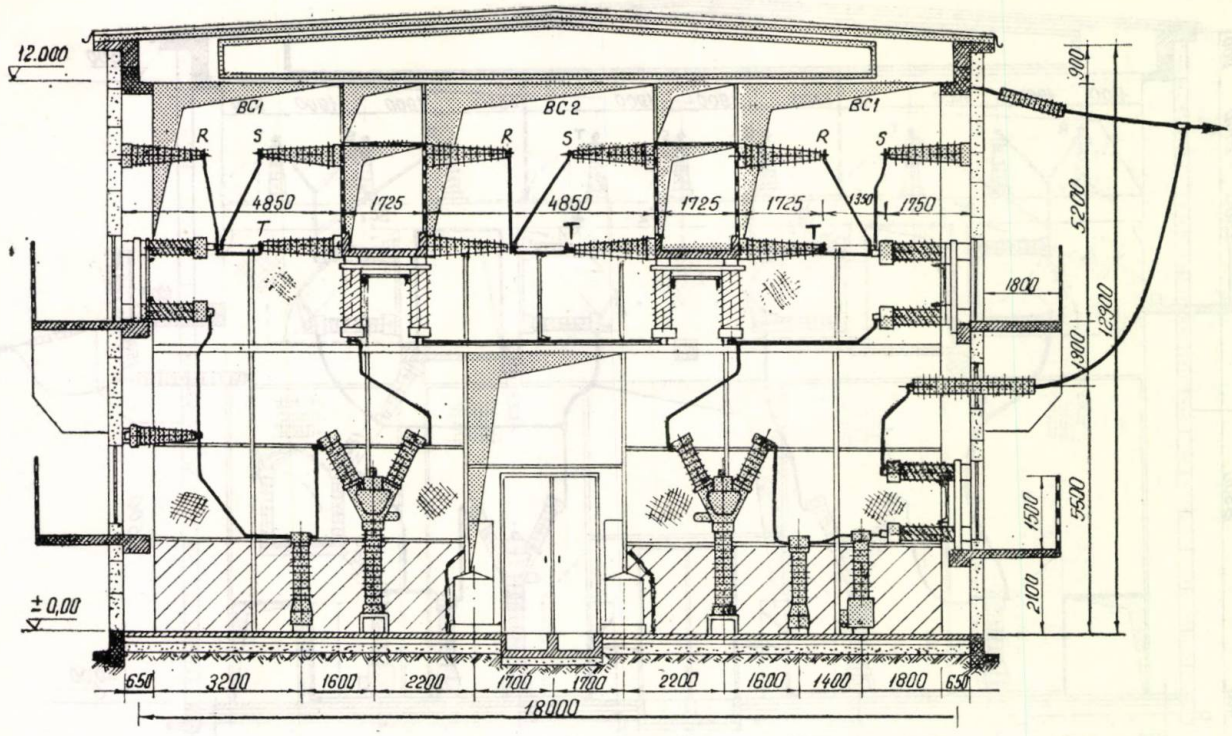


Fig. 7. Staţie interioară de 110 kV cu bare colectoare duble, echipată cu separatoare cu gabarit constant montate cu capul în jos.

Tabelul 2

Indicatori tehnici pentru staţii interioare de 110 kV

Schema electrică		Bare colectoare simple		Bare colectoare duble		
Tipul separatorului folosit / Indicator	U.M.	Semipantograf	Gabarit constant	Semipantograf	Gabarit constant	
Dispoziţia		fig. 3	fig. 4	fig. 5	fig. 6	fig. 7
Pasul celulei	m	6	6	6	6	6
Înălţimea clădirii sub grinda de acoperiş	m	11,1	10,3	13,5	13,0	12,0
Deschiderea clădirii	m	10,2	9,6	21,0	18,0	18,0
Aria desfăşurată pe celulă (inclusiv coridoare de acces) în clădire	m^2 %	61,2 100	79,2 129,4	82,0 100	83,6 102,0	87,9 107,2
Volumul util al celulei (sub grinda de acoperiş)	m^3 %	679,3 100	593,3 87,0	850,5 100	702 83	648 76,2

Din caracteristicile indicate se observă că la staţiile interioare de 110 kV cu schema electrică cu bare colectoare simple, creşterea ariei desfăşurate (de bună deservire) este de 29%, iar reducerea volumului clădirii este de 13% în cazul utilizării separatoarelor cu gabarit constant.

În cazul staţiilor interioare de 110 kV cu schemă electrică cu bare colectoare duble, creşterea ariei desfăşurate este de 2 ÷ 7%, iar reducerea volumului clădirii este de 17 ÷ 24%.

4.2. *Aspecte economice*

O apreciere a costului total al unei staţii interioare de 110 kV echipată cu separatoare cu gabarit constant de tip SGB nu este încă posibilă de făcut, întrucît acest separator nu are calculate costurile. Oricum, aceste costuri vor fi inferioare celor ale separatorului semipantograf.

Aprecieri mai concrete pentru partea de construcţii a clădirii sînt indicate în tabelul 3.

Valoarea economiilor obţinute este semnificativă, dacă se apreciază că într-un cincinal se vor construi în medie 10 staţii a cîte

Tabelul 3

Aspecte economice pentru staţii interioare de 110 kV

Schema electrică / Tipul separatorului folosit / Indicator	U.M.	Bare colectoare simple		Bare colectoare duble		
		Semipantograf	Gabarit constant	Semipantograf	Gabarit constant	
Dispoziţia		fig. 3	fig. 4	fig. 5	fig. 6	fig. 7
Costul specific pe celulă al clădirii	lei	217 376	189 856	221 130	182 520	168 480
Cantitatea de metal pe travee	t	8,0	7,6	20,0	18,50	17,0
	%	100	95,0	100	92,50	85,0
Cantitatea de ciment în construcţii pe travee	t	16	15,4	45,0	39,0	35,5
	%	100	96,6	100	86,6	78,8
Energia înglobată în construcţii pe travee	t c.c.	9,59	9,2	25,16	22,2	20,5
	%	100	94,5	100	88,3	81,5

t0 celule pentru profilul cu bare duble colec-2oare, ceea ce însumează circa 16 mil. lei, 580 t metal, 1900 t ciment şi 800 t combustibil convenţional.

5. Concluzii şi recomandări

5.1. *Domeniul de utilizare a separatoarelor cu gabarit constant*

În baza datelor prezentate în lucrarea de faţă rezultă:

— separatorul cu gabarit constant de tip SGB este realizabil fără dificultăţi mari în fabricaţie (un prototip a şi fost realizat la Institutul politehnic Bucureşti, Catedra de Centrale electrice).

— separatorul cu gabarit constant poate fi executat, ca şi alte separatoare similare, corespunzător tuturor caracteristicilor electrice solicitate de reţelele SEN;

— separatorul cu gabarit constant asigură avantaje tehnice şi economice apreciabile în cazul staţiilor electrice de 110 kV interioare avînd bare colectoare simple sau duble.

5.2. *Recomandări*

Ţinînd seama de considerentele expuse şi de marea economicitate a soluţiilor tehnice adoptate în prezent în investiţii, se consideră că este indicat a se lua următoarele măsuri:

— introducerea în planul de asimilări în fabricaţie a M.I.C.M. a separatorului cu gabarit constant de tip SGB-123 la CCSIT „Electroputere"-Craiova şi a izolatoarelor Spirelec la fabrica „Electroceramica" din Turda;

— executarea prin M.E.E. — ICEMENERG cel puţin a unui separator trifazat cu gabarit constant de tip SGB-123, care să fie instalat în una din staţiile interioare de 110 kV, în vederea obţinerii de rezultate practice de exploatare;

— comandarea la M.E.E. — ICEMENERG a unor încercări ale separatorului cu gabarit constant de tip SGB-123 în condiţii de exterior (încercări sub ghiaţă în laboratorul de climatizare) şi pentru măsurarea efectivă a unor parametri obţinuţi (curenţi capacitivi şi inductiv tăiaţi, anduranţă mecanică etc.).

Bibliografie

[1] Guzun, B. *Separator electric.* Brevet R.S.R., nr. 55488/1971, titular Institutul Politehnic Bucureşti.

[2] Dinculescu, C., Dedu, G. şi Guzun, B. *Separatorul electric cu cuţit glisant şi gabarit constant în realizarea dispoziţiilor constructive mai compacte de staţii electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune.* În: Inventii şi inovaţii, nr. 3, 1976, p. 89 — 94.

[3] Guzun, B. *Dispoziţii constructive pentru staţii electrice de înaltă tensiune realizate cu un nou tip de separator electric.* În: Ridicarea economicităţii funcţionării sistemului energetic, vol. I, 1975, p. 124 — 129.

[4] Georgescu, B. şi Raşcu, P. *Optimizarea construcţiei în clădire a staţiilor electrice de conexiuni de 110 kV din R.S.R.* Energetica, 27, nr. 5, 1979, p. 211 — 218.

[5] * * * *Studiu de tipizare E 430/1979.* ISPE, Bucureşti.

[6] * * * *High Disconnecting Switches/Standard Specifications.* IEC, Magrini Scarpa e Magnano — MSM, Bergamo, Italia, 1968.

[7] Afanasiev, V. V. şi Iakunin, E. N. *Razediniteli.* Editura Energhiia, Leningrad, 1979, 216 p.

(Articol intrat în redacţie la 11 ianuarie 1980)

Cercetări experimentale privind mărirea stabilității în funcționare și optimizarea unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone

Gh. Ijac, M. Diaconescu, Gh. Savitescu, I. Vulcu, Th. Orza, St. Borenstein și A. Stenka *)

Cercetările s-au efectuat pe acționări electrice industriale ale unor pompe centrifuge cu motoare de 6 kV, 250 kW, 1500 t/min, comandate de instalații pentru optimizarea unor procese ale acestor acționări.

Instalațiile realizate [1], [3] conțin în principal traductoare [4], [5], [6], [10], [11], cu care s-au constituit dispozitive de sesizare a ieșirii din sincronism și comandă a trecerii în asincron și de sesizare a condițiilor de intrare și comandă a intrării în sincronism [7], asamblate în scheme logice adecvate scopurilor propuse.

Rezultatele experimentărilor efectuate la probele de menținere în funcțiune a sistemelor de acționare cu motoare sincrone, individual, sînt prezentate în figurile 2 — 8, iar în grup cu sisteme de acționare cu motoare asincrone în figurile 9 și 10 *a*, *b*, *c*, la goluri și întreruperi de tensiune realizate prin RAR ale întreruptorului 2 I_F (fig. 1, 2, 3, 9 și 10 *a*, *b*, *c*), cu pauze cuprinse între 0,5 și 3,9 s, prin perechi de RAR consecutive ale întreruptorului 1 I_F (fig. 1, 4, 5 și 6) cu pauze de 0,45 — 3,5 s realizate la intervale de 0,07 — 0,12 s, precum

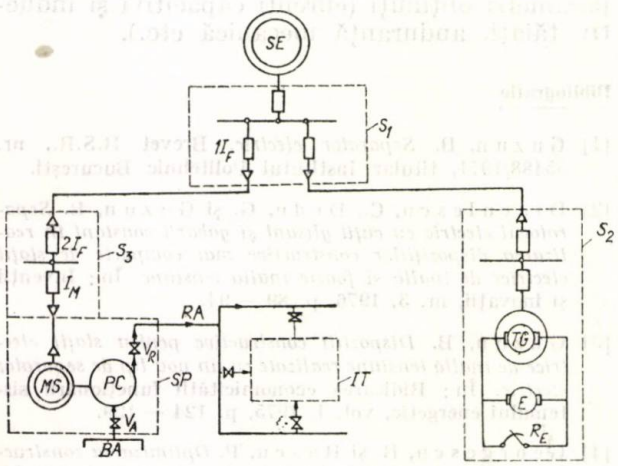


Fig. 1.

și la variații lungi ale tensiunii de alimentare, sub 50% din tensiunea normală (fig. 7 și 8), realizate prin alimentarea motorului, separat de sistem, de la turbogenerator, prin introducerea bruscă în circuit a unei rezistențe prestabilite a reostatului, RE.

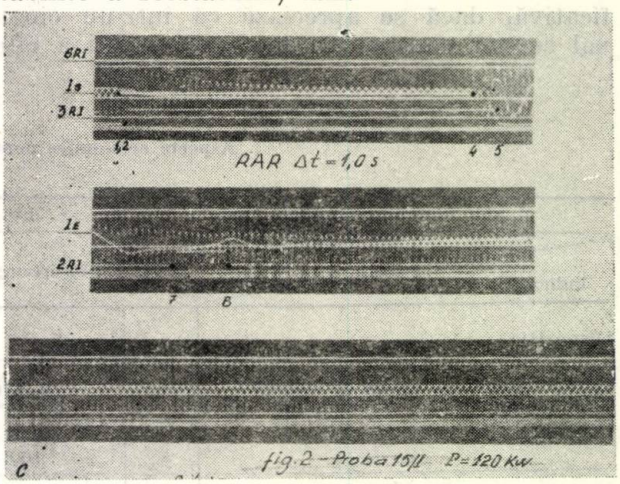


Fig. 2. Proba 15/I. $P = 120$ kW.

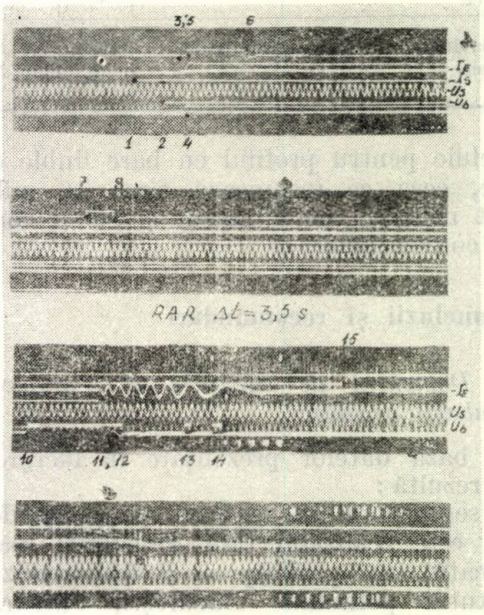


Fig. 3. Proba 30/II, 1. $P = 130$ kW.

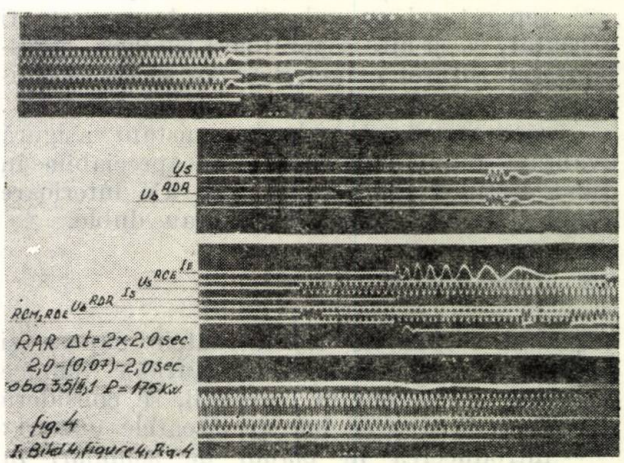


Fig. 4. Proba 35/II, 1. $P = 175$ kW.
RAR $\Delta t = 2 \times 2{,}0$ s.
2,0 — (0,07) — 2,0 s.

*) Ing. Gh. Ijac, ing. I. Vulcu, tehn. Th. Orza, maistru St. Borenstein și specialist A. Stenka lucrează la C.I.C. Azomureș; dr. ing. M. Diaconescu este șef de lucrări la Institutul politehnic Iași; ing. Gh. Savitescu — lector la același institut.

Dintre oscilogramele ridicate, pe cele prezentate în articolul de față sînt înregistrate următoarele mărimi: pe figura 2 — tensiunea de bară (respectiv remanentă a motorului) și

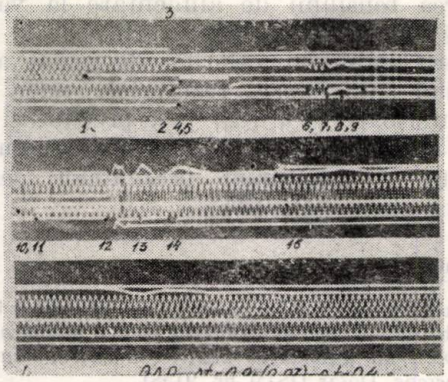


Fig. 5. Proba 52/II,2. $P = 190$ kW.
RAR $\Delta t = 0{,}9 - (0{,}07) - \Delta t = 0{,}4$ s.

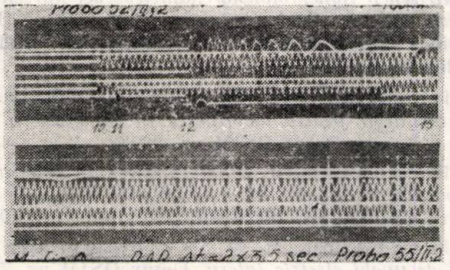


Fig. 6. Proba 55/II,2. $P = 185$ kW
RAR $\Delta t = 2 \times 3{,}5$ s.

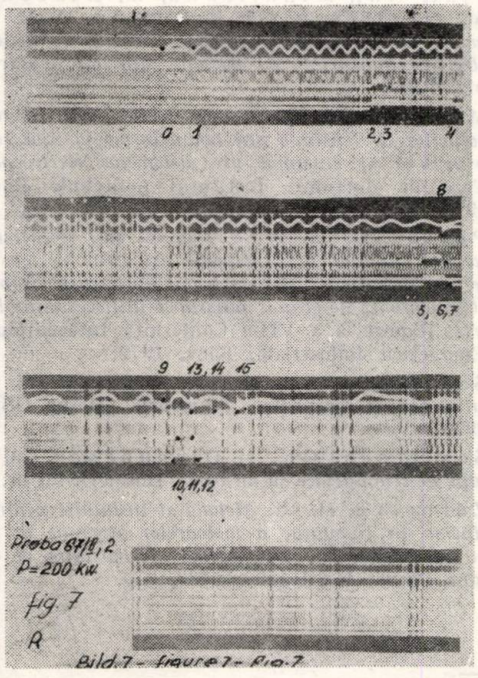


Fig. 7. Proba 67/II, 2. $P = 200$ kW.

curenții statoric și de excitație ai motorului de acționare; pe figurile 3 — 8 — în plus tensiunea din sistem, iar pe figurile 9 și 10 *a*, *b*, *c* — curentul pe linia electrică de alimentare a stației electrice S_3 ($I_F - L_{11}$), curenții de excitație a două motoare sincrone ($I_E - MS4$ și $I_E - MS5$) și curenții statorici ai acelorași

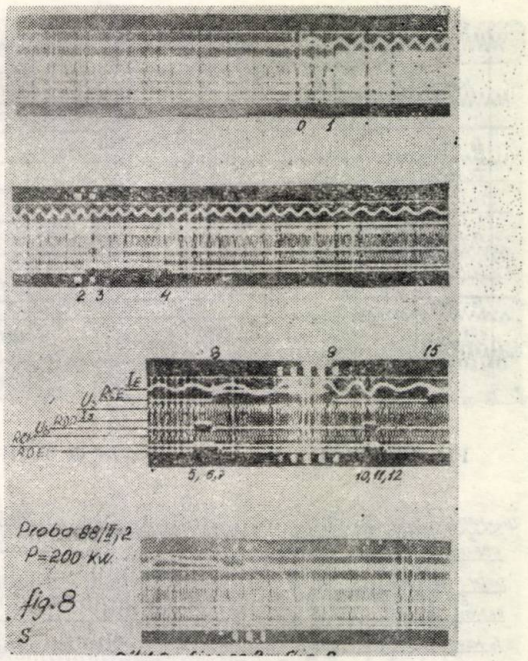


Fig. 8. Proba 68/II,2. $P = 200$ kW.

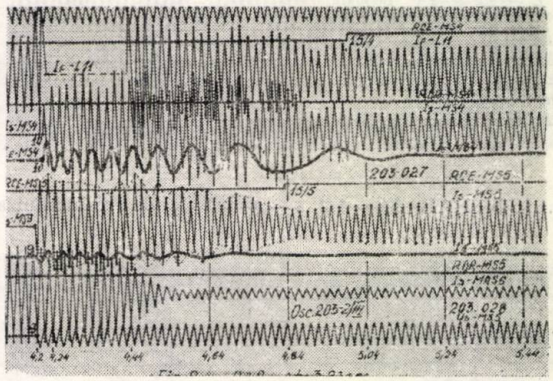
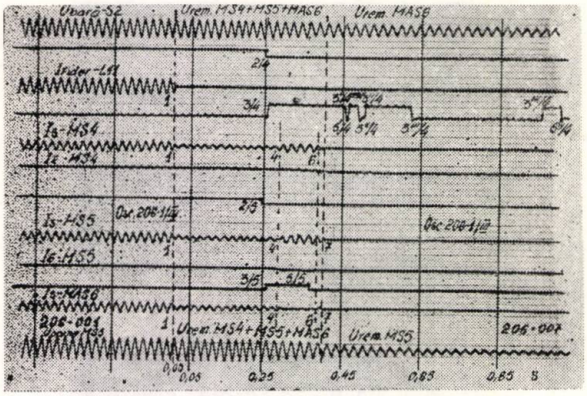


Fig. 9. RAR $\Delta t = 3{,}92$ s.

motoare sincrone ($I_S - MS4$ și $I_S - MS5$) și al motorului asincron ($I_S - MAS6$), care au constituit grupul de motoare de acționare pe care s-au efectuat probele. Celelalte înregistrări sînt contacte ale instalațiilor.

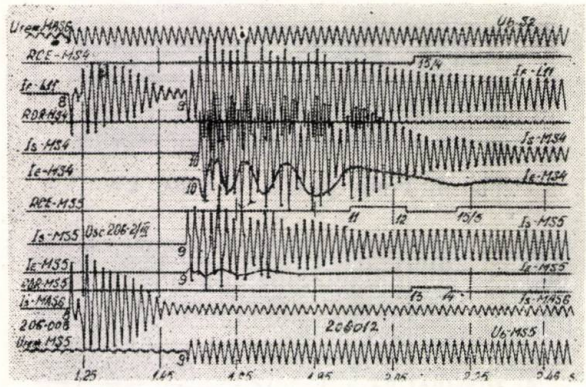
Oscilogramele din figurile 6 și 9 redau numai procesele de resincronizare, iar cele din figurile 7 și 8 numai procesele de la ieșirea din sincronism și pînă la resincronizare. Cifrele notate pe acestea marchează diferitele momente ale proceselor tranzitorii, și anume: 0 — ieșirea din sincronism; 1 — sesizarea ieșirii din sincronism; 2 — comanda trecerii în asincron și a stingerii cîmpului; 3 — terminarea primei operații de stingere; 4 — terminarea primei operații de trecere în asincron; 5 — 6 a doua comandă de stingere a cîmpului; 6 și 7 — ter-

minarea operației 5, respectiv pregătirea pentru o resincronizare; 8 — prima încercare de resincronizare; 9 — renunțarea la încercarea nereușită de resincronizare; 10 și 12 — a treia



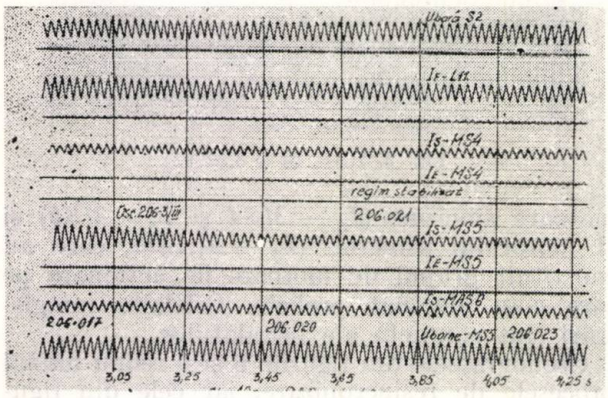
a

Fig. 10 a. RAR $\Delta t = 1{,}2$ s — pauza de RAR.



b

Fig. 10 b. RAR $\Delta t = 1{,}2$ s — procesele de resincronizare.



c

Fig. 10 c. RAR $\Delta t = 1{,}2$ s.

operație de dezexcitare (datorată lui 8) și stingere; 13 și 14 — a doua încercare nereușită de resincronizare; 15 — resincronizarea finală a motorului de acționare favorizată de revenirea tensiunii de alimentare la valoarea minimă necesară resincronizării.

Pentru stabilirea valorilor de reglaj ale instalațiilor s-au folosit rezultatele unor cercetări anterioare [7], [8], [9], precum și experiența de exploatare [12] și înseși rezultatele obținute pe parcursul prezentelor cercetări experimentale [2], [3].

Bibliografie

[1] Boțan, N. V., Diaconescu, M., Savitescu, Gh. ș.a. *Metodă și instalație pentru optimizarea unor procese ale acționărilor electrice industriale cu motoare sincrone.* Dosar OSIM nr. 91581.

[2] Cepoiu, Gh., Ijac, Gh. Diaconescu, M., Savitescu, Gh., Vulcu, I. și Zărnescu, H. *Experimentelle Versuchsergebnisse der industriellen elektrischen Synchronmotorenantriebe bei kurzen Unterbrechungen der Speisespannung.* Raport la a VIII-a Conferință Internațională de Energetică Industrială, Gdansk, 1975.

[3] Diaconescu, M., Savitescu, Gh. ș.a. *Metodă și instalație pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone.* Dosar OSIM nr. 88732.

[4] Diaconescu, M. *Studii privind determinarea principalilor parametri ai sistemelor de acționare electrică.* Teză de doctorat, Institutul politehnic Iași, 1974.

[5] Diaconescu, M. și Savitescu, Gh. *Traductor de unghi electric intern.* Dosar OSIM nr. 79709.

[6] Diaconescu, M. și Savitescu, Gh. *Traductor de tensiune alternativă.* Dosar OSIM nr. 79710.

[7] Ijac, Gh., Mihăileanu, C., Diaconescu, M., Savitescu, Gh. și Potlog, D. M. *Metodă și dispozitive de supraveghere și comandă ale acționărilor electrice industriale cu motoare sincrone.* Dosar OSIM nr. 89333.

[8] Mihăileanu, C. *Efecte de instabilitate dinamică ale golurilor de tensiune din nodurile cu sarcină rezistivă, asincronă și sincronă ale sistemelor electroenergetice.* Teză de doctorat, Institutul politehnic București, 1972.

[9] Potlog, D. M., Rugină, V. ș.a. *Recherches sur la détermination de l'influence des creux de tension sur le fonctionnement des moteurs électriques asynchrones et synchrones de grande puissance utilisées dans l'industrie.* Raport la a VII-a Conferință Internațională de Energetică Industrială, Kiev, 1972.

[10] Savitescu, Gh. și Diaconescu, M. *Dispozitiv pentru măsurarea alunecării.* Dosar OSIM nr. 79707.

[11] Savitescu, Gh. și Diaconescu, M. *Instalație de semnalizare cu memorie.* Dosar OSIM nr. 79708.

[12] Zărnescu, H. ș.a. *Metodă și instalație pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone la variații și întreruperi de scurtă durată ale tensiunii de alimentare.* Brevet R.S.R. nr. 56733/1973.

RECENZII

ENERGIA ÎN URMĂTOARELE TREI DECENII. Editura Academiei Republicii Socialiste România, Bucureşti, 1979, 346 p.

Astăzi, cînd pe drept cuvînt se poate spune că pe plan politic şi la scară mondială problemele energiei ocupă locul al doilea după problema asigurării păcii în lume, apariţia acestui volum — primul în seria „Probleme globale ale omenirii", coordonată de prof. dr. Mircea Maliţa, membru corespondent al Academiei R.S.R. — constituie un răspuns plenar al oamenilor de ştiinţă, cercetători şi ingineri proveniţi din cele mai diferite unghiuri ale investigaţiei ştiinţifice şi ale producţiei, la multitudinea de aspecte ridicate de ramura multidisciplinară a energeticii.

Problema energiei — situată la locul cuvenit în ansamblul preocupărilor legate de dezvoltarea economică şi socială a României socialiste — a fost dezbătută în cadrul Congresului al XII-lea al P.C.R., iar prin Programul-directivă de cercetare şi dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981 — 1990 şi orientările principale pînă în anul 2000, au fost furnizate soluţii bine fundamentate ştiinţific, corespunzătoare condiţiilor şi intereselor ţării noastre în viitorul imediat şi în perspectivă.

Nu întîmplător, în zilele imediat următoare Congresului, la cunoscuta librărie „M. Sadoveanu" din Capitală, era prezentat, în cadrul unei festivităţi, volumul „Energia în următoarele trei decenii", apărut sub atenta şi competenta coordonare a conf. dr. ing. Călin Mihăileanu — lucrare de o înaltă ţinută ştiinţifică şi condiţii grafice ireproşabile.

Subtitlurile lucrării, grupate în cinci capitole, reprezintă contribuţiile a peste 30 de reputaţi oameni de ştiinţă şi specialişti români, dintre care amintim: acad. prof. dr. Ioan Ursu, prof. dr. ing. Trandafir Cocârlă, dr. doc. ing. Paul Dimo, conf. ing. Ionel I. Purica, prof. dr. doc. Vasile I. Nitu, prof. univ. emerit ing. I. D. Stăncescu, dr. ing. Aurel Iancu, conf. dr. ing. Costin Moţoiu, prof. dr. ing. Nicolae Dănilă şi alţii.

Prezentînd doar datele generale ale problemei energiei prin intermediul unor interesante scenarii cu intenţii parţial provocative, pentru a stimula poziţii şi baze de discuţie, chiar contradictorii, relative la aspectele particulare ştiinţifice, tehnologice, economice, ecologice, politice şi altele, pentru cele trei decenii următoare — care reprezintă de fapt etapa pregătitoare a viitorului secol — prefaţa introductivă, sugestiv intitulată „Suportul energetic al viitorului", subliniază necesitatea cunoaşterii unui orizont energetic la nivel mondial şi pe termen lung. Cunoaşterea perspectivelor energetice mondiale pe termen lung (anii 2000 — 2020 fiind în ultima vreme repere uzuale de studiu) — pentru a putea ţine seama de ele la stabilirea opţiunilor naţionale — este cadrul în care se înscrie de fapt cuprinsul lucrării.

Sub titlul „Energia şi dezvoltarea" — capitolul 1 subliniază faptul că noţiunea de energetică s-a îmbogăţit în cursul anilor, de la simpla producere şi utilizare raţională a energiei electrice şi termice, la aceea de expresie cuprinzătoare a întregii activităţi economice vizînd producţia bunurilor materiale şi a serviciilor. În momentul de faţă, dezvoltarea economică şi socială este dependentă în cel mai înalt grad de asigurarea cu energie. Nu poate fi conceput nici un compartiment al vieţii sociale care să nu facă uz de binefacerile ştiinţei şi tehnicii, iar aceste mijloace moderne sînt, într-o măsură mai mică sau mai mare, consumatoare de energie. Creşterile importante ale consumurilor de energie din ultimele decenii au fost determinate de anumite condiţii de conjunctură, criza energiei apărînd ca o consecinţă a relaţiilor necorespunzătoare dintre ţările consumatoare şi ţările exportatoare de resurse energetice. Prin modul în care cuprinsul acestui prim capitol al lucrării a răspuns problemei aportului energiei în toate ramurile activităţii materiale, s-a reflectat schimbarea calităţii noţiunii de energie şi noile ei implicaţii în activitatea umană. Astăzi, resursele energetice primare sînt inegal răspîndite pe glob, consumul acestora prezentînd în timp o tendinţă de deplasare a ponderii dinspre statele apusene puternic industrializate spre statele lumii a treia. Astfel, dacă în anii'50 circa 60 — 70% din consumul mondial de resurse energetice primare avea loc în statele apusene puternic industrializate, se prevede ca în anul 2000 pentru aceste state să nu fie mai mare de 20 — 25%, în timp ce în aceeaşi perioadă statele lumii a treia vor evolua de la un consum neglijabil la unul de peste 30%. Această tendinţă de dispersare relativă a necesităţilor energetice la scară mondială determină, şi va determina în viitor şi mai mult, necesitatea unui transfer de energie sub formă prelucrată sau sub formă de resursă primară, care, după opinia specialiştilor, va constitui una dintre problemele fundamentale ale sfîrşitului de secol.

Principalul consumator de energie îl reprezintă, în toată lumea, industria. Industria este predominantă mai ales în ţările cu un nivel mediu de dezvoltare, în timp ce în ţările cu economie foarte dezvoltată, America de Nord, Europa de Vest, datorită creşterilor masive de consum pentru populaţie, a celor pentru sectorul serviciilor şi pentru agricultură, valoarea consumată a acestora se apropie de valoarea consumului industrial. Acelaşi fenomen se produce şi în ţările aflate pe o treaptă de început a dezvoltării industriale, unde, în mod absolut, consumul industrial fiind redus, egalează practic pe cel al populaţiei, de altfel şi el redus. Criza energiei apare astfel ca o consecinţă a relaţiilor necorespunzătoare dintre ţările consumatoare şi ţările exportatoare de resurse energetice.

La noi în ţară, liniile directoare ale energeticii în contextul crizei mondiale a energiei, care ne-a afectat în calitate de importator de resurse energetice primare, au fost: realizarea ritmului relativ ridicat de creştere industrială, cu un ritm cît mai mic de creştere a consumului de energie, fără a afecta calitatea vieţii, şi atragerea în circuitul economic a noi surse de energie.

Aceste aspecte sînt prezentate pe larg în cele două subtitluri ale primului capitol, „Consumul de energie şi economia de energie" şi „Dezvoltarea economiei naţionale în faţa problemelor energiei", făcîndu-se o trecere în revistă a tuturor ramurilor industriale energointensive din ţara noastră. Se subliniază necesitatea abordării unei strategii optime în aplicarea unor măsuri de conservare în industrie, atît la nivel de măsuri „orizontale" — adică cele aplicate la un număr mare de cazuri —, cît şi de natură „verticală" — impuse în mod avansat unei singure industrii. Sintetizînd, se apreciază că dezvoltarea economică a unei ţări este condiţionată de o mai rezonabilă dezvoltare a energiei şi de o ameliorare continuă a randamentului său de folosire. Adevărul este valabil în toată lumea şi mai ales într-o ţară cu ritm înalt de dezvoltare şi resurse limitate cum este ţara noastră. Impactul energiei asupra industriei, agriculturii, a activităţii sociale în general şi asupra transporturilor este caracterizat în perioada viitoarelor decenii de obligativitatea aplicării conceptului de conservare în sensul cel mai larg al noţiunii.

Necesitatea calculării consumurilor cumulate de resurse energetice pe produse exprimate în unităţi fizice relevă importanţa acestora în aprecierea nivelului la care se face schimbul internaţional de produse, rentabilitatea exportului produselor privită prin prisma consumurilor energetice. Analiza rentabilităţii prin luarea în considerare a indicatorului consum energetic cumulat conferă o bază certă de exprimare a eforturilor şi efectelor pentru economia naţională.

„Energetica şi transporturile" prezintă strategia globală şi metodele de economisire a energiei în sectorul transporturi, ştiut fiind că activitatea de transporturi este legată de un important consum de energie, în special sub formă de hidrocarburi. Urmărirea atentă a evoluţiei consumurilor specifice de energie şi prognozarea lor cît mai aproape de realitate constituie o premisă obligatorie a stabilirii unei strategii globale de utilizare raţională a energiei în trans-

porturi, în condițiile unui trafic sporit atît pe calea ferată, cît și în sistemul rutier și navigația fluvială și maritimă.

Primul capitol se încheie cu o interesantă privire spre viitorul sistemelor electroenergetice. Poziția centrală pe care o ocupă electricitatea și sistemele electroenergetice reclamă o atenție deosebită în cercetarea prognozei energiei. Dacă în 1975 producția mondială a energiei electrice înregistra 6600 TWh, diversele scenarii de evoluție prognozează o cifră de circa cinci ori mai mare pentru anul 2000, adică în jurul a 31 000 TWh.

Problema sistemelor electroenergetice, tratată de la nivel național, interconectat-internațional, intercontinental — permite extrapolarea evoluției lor din trecut, ajungîndu-se la concluzia perspectivei unui sistem planetar — ca ultim nivel ierarhic întins peste toate fusurile orare. Un asemenea sistem planetar ar putea cuprinde gama largă de supercentrale electrice ale viitorului, începînd cu cele atomice cu utilizări certe în viitorul apropiat. Centralele solare — în soluții ce nu apar încă posibile azi — amplasate în jurul ecuatorului, ar putea fi, la rîndul lor, integrate în cercul topologic al sistemului energetic planetar.

Cu toate că problemele de perspectivă privind energia în jurul sfîrșitului secolului nostru au o dependență directă de desfășurarea generală a evoluției societății omenești, de evoluția proceselor de muncă, de posibilitățile de organizare și de planificare pe spații mari, de sursele de energie ce vor fi considerate competitive și integrabile în sisteme energetice etc., se poate afirma că apariția unui „sistem electroenergetic planetar" este posibilă și apare ca una din soluțiile interesante și avantajoase, ce rezultă direct din extrapolarea evoluțiilor din trecut.

Cel de-al doilea capitol — „Resursele energetice clasice" — reușește să prezinte cititorului trecutul, prezentul și viitorul acestor resurse — (istorie uneori extrem de scurtă și de zbuciumată ca aceea a petrolului) —, resurse ce au asigurat nivelul actual de dezvoltare economică și socială a omenirii.

Sugestiv intitulat „Noua tinerețe a cărbunelui" — acest subtitlu arată că principalul suport energetic al civilizației moderne, de la revoluția industrială și pînă la primul război mondial, a fost cărbunele, cu o pondere de peste 90% în balanța mondială de energie la sfîrșitul intervalului. Deși, în continuare, ponderea sa a scăzut în mod rapid, ajungînd la circa 28% din total în ajunul crizei petrolului, și-a păstrat totuși un loc important în ierarhia vectorilor energetici. Revitalizarea acestui purtător de energie primară reprezintă o necesitate vitală în perspectiva viitorului imediat și în special îndepărtat. În acest sens, în țara noastră vom asista în anii care vin la o adevărată „tinerețe a cărbunelui" — măsură ce a fost întărită și de Directivele celui de-al XII-lea Congres al Partidului. În afara preocupărilor deja cunoscute de realizare a unei centrale de 1000 MW pe șisturi combustibile, de redeschidere a noi orizonturi miniere pentru exploatarea lignitilor din Oltenia, se menționează aplicarea unor procedee avantajoase de gazeificare a cărbunilor în zăcămînt, studierea unor posibilități de utilizare mai „curate", nepoluante a cărbunelui în centralele termoelectrice clasice sau cu generatoare MHD cuplate cu cazane clasice, precum și cu utilizarea industrială a sulfului rezultat în urma procesului de ardere.

Cu toate că a jucat un rol extrem de important în dezvoltarea economiei moderne, mai ales după primul război mondial, deplina însemnătate a hidrocarburilor — petrol și gaze naturale — n-a putut fi înțeleasă decît odată cu declanșarea în toamna anului 1973 a crizei petrolului.

Proporțiile și complexitatea consecințelor de ordin economic, politic și social ale recentei crize au obligat omenirea, pe de o parte, să găsească noi resurse energetice, care să permită reducerea consumului de petrol, iar pe de altă parte să intensifice preocupările în domeniul descoperirii și valorificării unor noi rezerve de hidrocarburi, menite să asigure, într-o proporție cît mai mare, din producția proprie a fiecărei țări, energia și materia primă necesară. Aceste aspecte sînt cuprinse sub titlul „Lupta pentru hidrocarburi".

Ținînd seama de necesitatea măririi volumului de rezerve exploatabile, de gradul de cercetare a subsolului în țara noastră și în lume și de perspectivele ce se definesc pentru viitor, s-a ajuns să se contureze patru direcții principale de lucru susceptibile de a introduce în circuitul economic noi rezerve de petrol și gaze: intensificarea activității de prospecțiune și explorare; mărirea factorului final de recuperare a zăcămintelor deja descoperite; valorificarea zăcămintelor de nisipuri și șisturi bituminoase; economisirea și valorificarea superioară a hidrocarburilor. Ca urmare a preocupărilor pe linia sporirii factorului final de recuperare în România, 80% din zăcămintele care au depășit faza primară de exploatare sînt supuse, în prezent, injecției de apă, 15% injecției de gaz, 3% injecției de aer (combustie subterană) și 2% injecției ciclice de abur. Aplicînd cu succes toate procesele, se poate aprecia că factorul final de recuperare mediu să ajungă în următorii 15 ani la 40 — 45%, iar costul petrolului să fie mai redus decît cel provenit de la mare adîncime și din exploatarea platformelor marine.

Alte aspecte — cum sînt raționalizarea consumurilor, valorificarea superioară a hidrocarburilor, reducerea utilizării gazelor naturale în energetică — sînt de asemenea tratate cu referire specială pentru țara noastră.

Energia hidraulică a cursurilor de apă din R.S.R. reprezintă o parte din totalul resurselor de energie primară, deloc neglijabilă, ale țării, iar folosirea acesteia are și va avea în următoarele trei decenii o contribuție importantă la acoperirea necesarului de putere și energie electrică. Folosirea energiei apelor în țara noastră în scopuri utile are o vechime seculară; pentru producerea energiei electrice țara noastră se numără printre pionierii în domeniu, tradiția fiind ilustrată prin cele 64 hidrocentrale în funcțiune la sfîrșitul anului 1977 cu o putere instalată de circa 3000 MW, ceea ce reprezintă circa 25% din potențialul hidroenergetic tehnic amenajabil. La nivelul anului 1990 producția de energie hidro va ajunge la circa 24 miliarde kWh, ceea ce va reprezenta peste 63% din potențialul tehnic amenajabil și circa 28% din producția sistemului energetic la acea dată — aceste cifre subliniind rolul important acordat acestei surse de energie primară, în următoarele decenii, pentru țara noastră.

Utilizarea energiei reacțiilor de fisiune nucleară în centrale nuclearoelectrice așa-zise „clasice" va constitui o preocupare majoră a energeticii românești în deceniile următoare. Pornind de la experiența deja acumulată cu cei peste 70 000 MW nucleari instalați pe întreg cuprinsul globului la nivelul anului 1977, specialiștii din țara noastră prevăd ca circa 20% din puterea electrică instalată în sistemul energetic național, la nivelul anului 1990, să fie reprezentată de centrale nuclearoelectrice. Această perspectivă urmează tendința energeticii nucleare mondiale, care, dacă la nivelul anului 1970 preconiza ca în anul 2000 contribuția nucleară să reprezinte 50% din producția totală de energie, în 1977 se reevalua ca la sfîrșitul secolului în centralele nuclearoelectrice ar urma să se producă numai 35% din energia electrică și 15% din energia totală necesară omenirii.

Este vorba, și la noi, ca și în întreaga lume, de o aminare a programelor nucleare, fără o schimbare a esenței problemelor energetice actuale, aminare datorată necunoașterii în amănunțime, la momentul primelor prognoze, a fenomenelor nucleare în CNE de mare putere și în special a concepției mijloacelor tehnice pentru controlul lor. S-au subapreciat, de asemenea, anumite aspecte ale protecției mediului ambiant, manifestîndu-se la acea vreme un optimism de pionierat în evaluarea aspectelor economice ale producției masive de centrale nuclearoelectrice și a implicațiilor lor. Totuși, se constată că, fără o corectare a ritmului actual de instalare a CNE, cifra de 1,3 milioane MWe estimați a fi instalați în anul 2000 în CNE va fi mult depășită, ridicînd ponderea energeticii nucleare în producția totală de energie necesară omenirii la peste 20%.

Reevaluările economice din ultimul timp au determinat ca investiția specifică de 130 $/kW instalat pentru o centrală cu două unități a cîte 100 MW_e — considerată o cifră adecvată la nivelul anului 1965 —, să ajungă în anul 1975 la valori în jurul a 950 — 1200 $/kW instalat, creșteri foarte însemnate provenind din lipsurile înregistrate în evaluarea soluțiilor tehnice cît și în calculele costurilor. Prevederile evoluției costului investiției specifice consideră că ultimele cifre citate sînt prețuri-plafon, în viitor acesta avînd o

alură descrescătoare, urmînd ca la sfîrşitul secolului ele să reprezinte jumătate din valoarea actuală — acest lucru datorită în special experienţei cîştigate şi măririi gradului de standardizare.

Printre multiplele probleme pe care le are de rezolvat energetica pe plan mondial — lucru valabil şi pentru ţara noastră — , cea a utilizării resurselor energetice secundare a căpătat în ultimul deceniu o importanţă deosebită. Economia ţării noastre are mari posibilităţi în utilizarea resurselor energetice secundare, ele nefiind astăzi decît puţin utilizate. Inventariind aceste resurse, putem spune că cele mai importante sînt : gazele calde rezultate ca deşeu industrial în procese siderurgice şi chimice, ape reziduale cu potenţial termic mediu şi redus, deşeuri de diferite compoziţii şi stări de agregare etc. Acţiunea de inventariere a resurselor şi în special de punere în evidenţă a metodelor de utilizare a acestora a început odată cu Decretul 620/1973, prin alcătuirea de bilanţuri termice în întreprinderi. Se evidenţiază direcţii importante de utilizare a resurselor energetice secundare cu mare dezvoltare în deceniile ce urmează, ca : producerea combinată de energie electrică şi căldură, extinderea utilizării pompelor de căldură şi a deşeurilor combustibile de orice fel.

Subtitlul „Asupra necesităţii şi căilor de conservare a energiei în industriile energofage în R. S. România" încheie capitolul, subliniind faptul că cea mai bogată sursă de energie o constituie tocmai economisirea acesteia. Conservarea energiei apare ca o necesitate absolută nu numai pentru generaţia noastră, dar şi pentru generaţiile viitoare, pentru a crea intervalul de timp necesar între epuizarea unor surse de energie şi găsirea şi exploatarea economică a altora. Conservarea energiei în industriile energointensive, cum sînt : siderurgia, metalurgia aluminiului, chimia, prelucrarea petrolului şi a derivaţilor săi, se impune a sta în atenţia specialiştilor datorită ponderii însemnate a industriilor amintite în cadrul economiei naţionale româneşti, întrucît rezolvarea corectă a acestei probleme va permite obţinerea şi în R.S.R. a unor coeficienţi de elasticitate (raport între consumul de energie şi produsul naţional brut pe cap de locuitor) la nivelul mediei mondiale.

Cel de-al treilea capitol al lucrării — „Sursele noi" — face legătura istoriei trecute şi prezente a energeticii cu un viitor care, pentru o serie de „surse noi de energie", reprezintă de pe acum împliniri.

Schimbarea majoră în domeniul tehnicii centralelor nuclearoelectrice o va constitui utilizarea cu preponderenţă, către sfîrşitul secolului, a reactoarelor rapide reproducătoare, răcite cu sodiu lichid, care vor permite o utilizare de 80 de ori mai intensivă, în comparaţie cu centralele nucleare „clasice", a rezervelor de combustibil nuclear cunoscute· Aceleaşi reactoare aflate în prezent în stadiu de experimentare industrială, la puteri de circa 300 MW_e, permit şi rearderea combustibilului nuclear „ars" deja în CNE „clasice", ceea ce, numai pentru cantităţile de combustibil nuclear ars şi acumulat pînă astăzi, echivalează cu eliberarea energiei prin ardere a producţiei de ţiţei transportată la debit nominal timp de 100 de ani de actuala conductă din Alaska. Sînt deja în construcţie centrale nucleare cu reactoare rapide reproducătoare de puteri de 1000 MWe (tipul Super-Phoenix), la preţul acceptabil de 2500 $/kW instalat.

Totuşi, speranţa majoră a energeticienilor, neîmplinită încă, o reprezintă realizarea reactoarelor cu fuziune, care vor putea realiza visul dintotdeauna al acestora : o sursă practic inepuizabilă de energie, datorită faptului că în natură există rezerve de 10^{17} tone deuteriu, combustibil de bază într-un astfel de reactor. Fuziunea nucleară, încă la fază de laborator, ridică astăzi probleme insurmontabile din punct de vedere tehnologic şi de material. Se pare că fezabilitatea experimentală a procedeului va putea fi dovedită de-abia către sfîrşitul secolului, de acolo pînă la instalaţia industrială urmînd încă drumul spinos al citorva decenii de căutări.

Lupta de diversificare a resurselor energetice, consecinţă firească a cunoaşterii mărimii limitate a resurselor clasice, a determinat apariţia în anii din urmă a unor preocupări privind valorificarea unor surse energetice aşa-zis neconvenţionale, cum ar fi energia solară, eoliană, geotermică, a valurilor şi bioconversia. Utilizarea energiei solare reprezintă o preocupare de primă mărime la noi şi în străinătate, determinată de faptul că este o sursă gratuită şi inepuizabilă. Valorificarea ei cea mai curentă este pentru producerea de căldură de joasă temperatură folosită în încălzire, în procese termice în industrie şi în agricultură. În România insolaţia medie este de 110 zile pe an, ceea ce a permis elaborarea unor proiecte pentru încălzirea în 1985 a echivalentului termic a 100 000 apartamente convenţionale şi în 1990 utilizări complexe care să permită economisirea a 2 milioane t c.c. anual. Cu toate aceste eforturi, în R.S.R., ca şi în întreaga lume, contribuţia energiei solare în balanţa energetică nu va depăşi 1,2% la nivelul anului 2000, egal, aşadar, cu procentul actual de utilizare a energiei nucleare din producţia de energie mondială. O contribuţie tot atît de mare în balanţa energetică mondială se prevede să aducă pînă în anul 2000 şi energia geotermică, celelalte forme de energie neconvenţională enumerate mai sus urmînd să intervină izolat şi în procente mult mai reduse doar în balanţa energetică a ţărilor la care astfel de utilizări se vor dovedi economice.

Bioconversia, adică conversia pe cale biologică a energiei solare, este privită de asemenea cu mult interes de către specialişti, încercări în curs dovedind capacitatea de stocare a energiei în biomasa vegetală, precum şi posibilitatea transformării acesteia în etanol, substanţă combustibilă. Printre cele mai ambiţioase planuri de acest gen se situează acela de cultivare a 20% din suprafaţa cultivabilă a Braziliei cu trestie de zahăr, din care se poate extrage suficient combustibil pentru înlocuirea celui importat de această ţară la nivelul anului 1990.

Hidrogenul, metanolul, amoniacul vor restructura energetica ? Nu este uşor de dat acum un răspuns care să se dovedească valabil în perspectiva anilor 2000 — 2020. Realitatea evidentă este că, deocamdată, numai gazele naturale, petrolul, cărbunele şi fisiunea nucleară pot da umanităţii, acum, energia necesară şi mai ales timpul necesar pentru elaborarea tehnologiilor energetice, pe termen lung, inclusiv acelea de obţinere a hidrogenului, sursă directă de energie şi materie primă pentru ceilalţi doi purtători de energie — amoniacul şi metanolul.

În ceea ce priveşte diversitatea şi ponderile surselor neconvenţionale, din opiniile exprimate la ultima Conferinţă Mondială a Energiei (Istanbul, 1977) a rezultat că s-a produs o sedimentare şi o apropiere a concepţiilor specialiştilor privind aprecierea perspectivelor şi posibilităţilor reale de dezvoltare şi implementare a surselor noi de energie. S-a înţeles că sînt necesare eforturi deosebite şi perioade lungi de timp pentru ca tehnologiile energetice complet noi să fie introduse şi să ajungă să aibă o pondere importantă în balanţă. La nivelul consumului anului 2000, cele 1,8 procente — ponderea surselor neconvenţionale în balanţa mondială de energie primară — echivalează cu circa 500 mil t c.c., aproape echivalentul producţiei hidroenergetice anuale actuale la nivel mondial. Un asemenea nivel este semnificativ şi va reprezenta, pentru multe tehnologii neconvenţionale, atingerea stadiului lor industrial.

„Impactul energeticii" este titlul celui de-al patrulea capitol al lucrării, în care sînt prezentate o serie de conexiuni şi interdependenţe între energetică şi progresul tehnico-ştiinţific, energetică şi resursele energetice, energetică şi mediul ambiant, energetică şi posibilităţile/opţiunile energetice globale viitoare în condiţiile unei creşteri a necesarului de energie şi în acelaşi timp ale restringerii bazei energetice clasice de resurse primare.

Interesant apare modul de prezentare a eforturilor de dezvoltare a energeticii — de la idei la decizii, ştiinţa fiind omniprezentă : stimulînd proliferarea ideilor, disciplinînd producţia de idei, filtrînd-o şi îndrumînd-o, impunînd un nou mod de gîndire şi acţiune gospodăririi energiei văzută ca sistem, acţionînd la toate nivelurile, de la infrastructura industrială şi pînă la mentalitatea factorilor de decizie. Relaţia energie-tehnologie, la rîndul ei, este abordată sub aspectul consumurilor tehnologice, al evoluţiei tehnologiilor de obţinere a energiei primare etc. Dar va găsi oare omul întotdeauna resursele energetice necesare ? O situaţie de natura unei crize definitive de energie nu este plau-

zibilă — energie existînd în natură în cantități infinite. Deși local, viața omenirii poartă amprenta evenimentelor prin care trece, geniul său va triumfa cu siguranță și de această dată, în ciuda prognozelor panicarde care se fac cu privire la epuizarea tuturor resurselor în cursul secolului care urmează.

Producerea pe scară largă a energiei necesare omenirii în deceniile următoare nu se poate face fără efecte ecologice adverse, fără modificări local climatice, freatice, ale suprafeței scoarței pămîntului, care trebuie evaluate cu grijă și pe cît posibil micșorate ca efect. De obicei, în producerea de energie știm să calculăm foarte bine ceea ce cîștigăm, dar este imperios necesar să știm și ceea ce pierdem ecologic în acest proces, cu atît mai mult cu cît pierderile pot să fie și iremediabile și au adesea implicații sociale greu de evaluat. Utilizarea combustibililor solizi în centrale va determina, de exemplu, în S.U.A. în următorii 20 de ani o creștere de peste 12 ori a bioxidului de sulf, particulele în suspensie provenite din fumul acestora scăzînd puterea de radiație a soarelui, efect însă contracarat parțial de acumularea bioxidului de carbon în atmosferă, care se prevede a se dubla în următorii 23 ani pe ansamblul biosferei. Deși s-ar părea că centralele hidroelectrice nu implică nici un efect advers naturii, se citează nenumărate cazuri de baraje care au creat modificări locale climatice, freatice și seismice, cu urmări dintre cele mai neașteptate asupra comunității umane înconjurătoare.

Extragerea energiei geotermice, aparent inofensivă, infestează aerul prin conținutul ridicat de hidrogen sulfurat și bor pe care îl conține aburul scos din adîncuri. Apa fierbinte de adîncime, prin conținutul foarte ridicat de săruri, determină modificări ecologice neevidențiate decît după ani de exploatare intensivă a unor sonde geotermale. Utilizarea energiei nucleare duce, în mod paradoxal, la efecte mult mai puțin nocive decît toate cele prezentate mai sus, cu condiția ca aceasta să se desfășoare normal. Singura problemă mai deosebită este poluarea radioactivă datorită deșeurilor solide, pentru care în prezent s-au găsit soluții de depozitare sigură, care cuprind și vitrifierea acestora. În această situație, înclinăm să credem că protestul ecologic împotriva energiei nucleare este mai mult psihoză decît realitate.

Fiind adînc implicată în activitatea economică a fiecărei țări, energia este, și în viitor va fi tot mai mult, parte componentă a politicii economice a țării respective, cu rezonanțe certe în politica externă a acesteia. Aspectele și implicațiile politice sînt detaliat prezentate în ultimul capitol al lucrării, intitulat „Energetica și politica internațională".

Arena politică internațională este martora în ultimul timp a tot mai multe confruntări din necesități energetice ale unor state sau grupări de state, printre care notorie este chiar criza petrolului. Această criză a determinat declanșarea unei vaste campanii de depistare și evaluare a resurselor energetice. Se poate aprecia că dacă omenirea traversează în prezent o criză energetică, aceasta nu este cu siguranță o criză de resurse, ci o criză de structură, cu rezonanțe politice, criză ce nu va putea fi depășită decît prin efortul conjugat al tuturor statelor lumii.

Diplomația nucleară, derivat firesc al utilizării energiei atomice în scopuri pașnice și militare, a fost după cel de-al doilea război mondial instrumentul unor decizii de maximă importanță pentru toate statele lumii. Menționăm astfel tratatul de neproliferare a armelor nucleare, semnat și de țara noastră, acordul de transfer al tehnologiilor nucleare de la țările producătoare de echipament și tehnici nucleare către țările doritoare să folosească pașnic energia nucleară, cu utilizarea unor măsuri de control eficient al corectei folosiri a tehnicilor transferate etc. Diplomația nucleară în viitoarele trei decenii va fi probabil o extrapolare a actualelor tendințe care se manifestă pe plan internațional în acest domeniu.

Probabil că în următoarele decenii principala bătălie se va da pentru acreditarea și consacrarea unor principii de bază care să ghideze raporturile dintre state în acest domeniu, cum sînt: importanța folosirii energiei nucleare pentru dezvoltare, respectiv afirmarea utilității practice pe care o reprezintă folosirea acesteia, fiecare țară avînd dreptul suveran de a dezvolta programe proprii în această privință; consacrarea drepturilor tuturor țărilor, fără nici o discriminare, de a avea acces la tehnologii nucleare; recunoașterea faptului că utilizarea practică a energiei nucleare nu duce neapărat la proliferarea armelor nucleare; obligația ca toate statele să respecte și să realizeze principiul necesității cooperării internaționale largi în domeniul nuclear pașnic.

Dezvoltarea societății moderne este condiționată de transferul în industrie al noilor descoperiri, invenții și inovații, care să permită o valorificare superioară a materiilor prime existente, atragerea în circuitul economic de noi materii prime a căror valorificare superioară este posibilă în condițiile unor noi tehnologii. Numai prin instaurarea unui climat de cooperare activă se vor putea promova reglementări care să conducă la un transfer echitabil de tehnologii, la o circulație a purtătorilor de energie eliberată de restricții și discriminări.

În sfîrșit, problema războiului și a păcii, privită în contextul întregii lucrări, a primit în epoca contemporană, în epoca marilor transformări social-politice pe plan mondial și a marilor mutații revoluționare în domeniul științei și tehnicii, în domeniul militar, o dimensiune cu totul nouă, datorită, în primul rînd, faptului că un eventual război mondial amenință astăzi cu distrugerea întreaga omenire. Istoria arată că numai lucida și justa apreciere a faptelor, a raportului real de forțe pe eșichierul internațional la un moment dat, atenta urmărire și evaluare, cît și stabilirea, în mod științific, a unei concepții strategice și fixarea unor obiective și măsuri precise în cele mai diferite domenii de activitate, în concordanță cu realitățile concrete, poate reprezenta o garanție sigură pentru propășirea unei națiuni. În lumina acestor fapte apare cît se poate de clar că stabilirea unei noi ordini politice și economice internaționale — necesitate subliniată în repetate rînduri în gîndirea politică a Președintelui României socialiste, tovarășul Nicolae Ceaușescu — este de o importanță vitală pentru soluționarea problemelor abordate, existînd convingerea în forța rațiunii umane care hrănește speranța într-un viitor mai bun și mai drept al omenirii.

*

Lucrarea — inedită prin bogăția conținutului și diversitatea problematicii tratate — , scrisă într-un limbaj accesibil marelui public, nu numai specialiștilor, vine să umple un gol în literatura noastră energetică. Este un volum care, puternic ancorat în realitățile omenirii și în condițiile concrete ale României contemporane, așa după cum aprecia acad. prof. dr. Mircea Malița, „se speră să stea pe masa de lucru a multor foruri de decizie, a cercetătorilor și a publicului larg, setos de a cunoaște mai aprofundat acest subiect care aparține celei mai impresionante ramuri a investigației în zilele noastre". Recomandăm încă odată cu căldură această lucrare, fiind convinși că, odată cu întoarcerea ultimei file, cititorul va putea aprecia cu alți ochi realitatea înconjurătoare, importanța vitală a energiei pentru noi și pentru generațiile ce vor veni.

Ing. **Marius M. Dăncilă**

AL. FRANSUA, R. MĂGUREANU, A. CÎMPEANU, M. CONDRUC și M. TOCACI. **Mașini și sisteme de acționări electrice. Probleme fundamentale.** Editura tehnică, București, 1978 *)

În domeniul mașinilor și sistemelor de acționări electrice s-a folosit pînă în prezent, atît în țară cît și pe plan mondial, o metodă mai laborioasă care necesită prezentarea a patru cărți distincte, și anume: „Mașini electrice", „Mașini electrice speciale", „Acționări electromecanice" și „Automatizări", elaborate de autori diferiți. Metoda făcea, pe de o parte, ca noțiunile necesare să fie cuprinse în mii de pagini, iar pe de altă parte să apară, în același timp, unele repetiții și o lipsă de sudură între părțile ce alcătuiesc largul domeniu examinat.

---

*) În nr. 5 din 1979 al revistei „Energetica" a fost publicată o primă recenzie a aceleiași cărți, sub semnătura conf. dr. ing. N. Galan; redacția revistei consideră că prezintă interes publicarea și a unui alt punct de vedere asupra acestei cărți, exprimat în recenzia de față, elaborată de prof. dr. doc. V. Corlățeanu.

Dezvoltarea impetuoasă a științei și tehnicii a făcut ca materialul ce se prezenta după metoda clasică să depășească timpul disponibil necesar fie informării, fie unei aprofundări de către specialiști.

Autorii lucrării de față au căutat, în special în ultimul deceniu, să găsească o metodă unitară și succintă de închegare a unei lucrări unice care să conțină toate elementele necesare, de la cele clasice pînă la cele mai moderne, pentru sistemele de acționări electrice reglabile și nereglabile, neautomate și automate, folosind scheme avînd contacte cu întrerupere sau statice (tranzistoare și mai ales tiristoare).

Lucrarea devine astfel închegată, unitar cristalizată, privind fenomenele de bază, caracteristicile și performanțele în regimuri staționare și dinamice, elemente de execuție și comandă în interdependența lor cu sistemele moderne de acționări electrice. Toate fenomenele esențiale sînt explicate, considerațiile și relațiile sînt demonstrate, baza explicațiilor fiind în cea mai mare parte de natură fenomenologică și mai puțin abstractă, matematică.

Punctul de vedere adoptat și tratarea tematicii sînt originale și nu-și găsesc comparație nici pe plan mondial.

Cartea cuprinde 624 pagini, 414 figuri, 150 probleme și este împărțită în nouă capitole.

În capitolul 1 se prezintă noțiunile și legile de bază ale electrotehnicii și mecanicii aplicate în studiul fenomenelor din mașinile și sistemele de acționări electrice. Se prezintă organizat aceste noțiuni și legi într-un spațiu strict limitat și numai acelea ce sînt necesare a fi citate în cuprinsul cărții.

Capitolul 2 cuprinde generalități privind elementele sistemelor de acționări electrice, ca : mașinile electrice, mașinile de lucru, aparatele electromecanice de comandă, reglaj și protecție, componentele electronice, elemente de transmisie și regulatoarele electronice. În acest capitol se definește în mod convingător ce este un sistem de acționare electrică și ca urmare se dau indicații privind alegerea mașinilor electrice în funcție de condițiile de mediu și de serviciu de funcționare, de regimurile fie staționare, fie dinamice, de stabilitatea sistemelor de acționări electrice, precum și primele noțiuni de sisteme automate.

În cel de-al treilea capitol se tratează problemele strict necesare unei specialist în exploatarea unei mașini de curent continuu ce va fi folosită în sistemele de acționări electrice. Se evită modul de tratare necesar unui inginer proiectant de mașini electrice, ceea ce este binevenit. Procedeul acesta este adoptat și în restul capitolelor privitoare la funcționarea diferitelor tipuri de mașini electrice normale sau speciale.

În capitolele 6 și 7 se prezintă mașinile asincrone și sincrone.

Capitolele 3, 6 și 7 sînt tratate unitar, cuprinzînd elementele constructive, cîmpurile de excitație și de reacție magnetică a indusului, regimurile energetice, comutația unde este cazul, caracteristicile generatoarelor și motoarelor, metodele de pornire, cele trei principale regimuri de funcționare și tipurile de reglare a vitezei. Capitolele se încheie cu procedeele clasice de pornire, comandă și reglaj a mașinilor electrice.

Este de remarcat că aparatul matematic folosit pornește de la ecuații care descriu funcționarea mașinilor în mod complet și apoi se trece la cazuri particulare ca regimul staționar ținînd seama de premisele reale transformate adecvat matematic.

Recomand cititorilor, mai ales în capitolul 7, să fie atenți la studierea originală și foarte clară pe bază de considerente fenomenologice a problemei stabilității statice și dinamice a motorului sincron. Se iau în considerare cele două tipuri de perturbații :

a) perturbații de foarte mică valoare care definesc o așa-numită stabilitate statică sau stabilitate în mic și

b) perturbații finite ca valoare care definesc stabilitatea dinamică sau stabilitatea în mare.

Unul din meritele amintite ale cărții este acela de a reda unitar sistemul modern de pornire, comandă și reglaj al acționărilor electrice pe cale statică folosind componentele electronicii de putere. Pentru aceasta, în capitolul 4 sînt tratate fenomenele fundamentale ale funcționării mutatoarelor cu semiconductoare și se scoate în evidență comportarea lor ca elemente ale sistemelor de acționări electrice. În partea finală se prezintă sistemele automate reversibile și nereversibile cu comandă prin indus sau prin inductor, precum și comanda motoarelor de curent continuu prin choppere.

Autorii remarcă afirmația justă că puterea deformantă introdusă aici de folosirea motoarelor nu poate fi compensată. Noțiunea a fost introdusă prima dată, cu multe decenii în urmă, de savantul român prof. C. Budeanu, iar ulterior s-a căutat, și teoretic și experimental, de a fi compensată, fără a se ajunge la un rezultat pozitiv.

Transformatoarele și bobinele sînt studiate în capitolul 5 pornind de la scurte prezentări constructive, continuînd cu prezentarea fenomenologică, ecuații de funcționare, scheme echivalente, caracteristici și performanțe, toate avînd ca scop de a le urmări comportarea, unele ca bobine de netezire sau de limitare a curentului, iar altele pentru alimentarea mutatoarelor cu semiconductoare.

Legea conservării puterilor este bine cunoscută de către toți, însă în unele aplicații există surse și de curent continuu care dau o componentă corespunzătoare pe unele din înfășurările transformatorului. Componenta continuă, de exemplu, din o înfășurare secundară nu se reflectă în cea primară și, în acest caz, privind strict transformatorul, poate apărea eronat nerespectarea conservării puterii. Autorii, dat fiind că prezintă ansamblul transformator-mutator-motor, dau asemenea cazuri, pe care le scot clar în evidență.

În capitolul 8 se prezintă sistemele de acționări electrice în general de tip automat ale mașinilor electrice de curent alternativ, folosind sisteme de alimentare, comandă și reglaj pe cale statică. În principal se examinează sistemele de comandă cu tensiune alternativă sau cu frecvență variabilă cu ajutorul ciclo-convertizorului, invertorului autonom, convertizorului static cu circuit intermediar de curent continuu etc.

Capitolul se încheie analizînd comanda electronică a celor mai numeroase motoare folosite în practică — motoarele asincrone mono și bifazate.

Capitolul final tratează funcționarea și comanda pe cale electronică a mașinilor electrice utilizate în sistemele de poziționare, ca motoare pas-cu-pas, selsine, transformatoare rotitoare și inductosine.

Privind în ansamblu această carte de nivel superior, se constată că autorii au avut capacitatea de selectare și caracterizare a problemelor fundamentale, au adoptat un stil unitar, au evitat folosirea numeroaselor sisteme de coordonate, adoptînd în general un singur sistem, lucrarea căpătînd astfel un caracter închegat și inteligibil.

Cartea reușește în acest fel să se adreseze inginerilor, studenților și tehnicienilor de înaltă calificare din ramurile electrotehnică, automatică, mecanică, aeronave, metalurgie, fie că realizează elemente și sisteme de acționări, fie că le exploatează.

Ea s-a dovedit valoroasă și necesară specialiștilor, epuizîndu-se în două-trei săptămîni, fapt pentru care propun Editurii tehnice să o reediteze cît mai grabnic posibil.

Prof. dr. doc. **Vasile Corlățeanu**

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.47.001.1

К. Оанчеа, Д. Бадя и *В. Бэдеску:* **Метод проектирования для определения площади, необходимой для коллектирования солнечной энергии в целях подготовки горячей воды.**

Анализируя сложные явления, имеющие место в солнечном коллекторе в процессе коллектирования и конверсии соднечной энергии в тепловую энергию, было получено простое соотношение, связывающее площадь, необходимую для коллектирования тепловых нужд потребителя и уровень солнечной радиации, посредством двух коэффициентов. Значения этих коэффицентов указаны в таблице широкого диапазона практических случаев.

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 97–103

ДК 621.311.87 : 662.61

Л. Михэеску: **Исследования относительно возможности горения низкокачественного твердого пылевидного топлива в горелках вихревого типа.**

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 104–112

ДК 621.3.046.2 : 621.1.01

И. Билеган: **Тепловые алюминиевые трубки для теплообменников.**

Представлен принцип работы тепловой трубки, ее отличительные характеристики теплопередачи, а также описание тепловых алюминиевых трубок, реализованных в ИЧЕМЭНЕРГ в целях их использования для рекуперации тепла из вторичных энергетических источников.

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 112–116

ДК 621.311.18.004.1

В. Вэрвару : **Возможности использивания измерения светонепроницаемости на энергетических котлах, снабжаемых мазутом.**

Energetica 28 ((1980), № 3, сур. 117–121

ДК 621.316.13.001.24

Е. Потоля : **Уравнивание и оценка в расчете электроэнергетических сетей**

Используя схему эквивалентной сети с трансформаторами (ЭСТ) для уравнивания активных или пассивных узлов одной электроэнергетической сети, автор получил модель REX (Сеть с Эквивалентным узлом X), которая оказалась особенно эффективной при расчетах постоянных и переходных режимов электроэнергетической системы.

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 121–131

ДК 621.316.1

Фл. Предан и *Д. Карайван:* **Установление оптимального уровня снижения технологического потребления на сетях передачи и распределения в географической зоне.**

Статья описывает методологию, позволяющую получение некоторых данных необходимых в случае, когда берется решение капиталовложения новых значений в целях снижения технологического потребления, зарегистрированного в существующих сетях в географической зоне или при изыскании новых методов для снижения этого потребления без капиталовложения новых материальных значений.

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 132–134

ДК 621.3.016.25 : 621·316.1

Г. Кырцинэ : **Относительно соответствующего изменения активных и реактивных мощностей в электрических сетях.**

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 135–138

ДК 621.311.4 : 621.316.545

Б. Джеорджеску, Б. Гузун и *П. Рашку:* **Разъединитель постоянных размеров обеспечиваеТ оптимальное восполнение устройства внутренных электрических подстанций**

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 138–145

ДК 621.313.323

Г. Иэжак и *Дьяконеску М.* и др. *:* **Экспериментальные исследования относительно повышения устойчивости в работе и оптимизации некоторых процессов систем, действующих при помощи синхронных дигателей.**

Energetica 28 (1980), № 3, стр. 146–148

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.47.001.1

C. Oancea, D. Badea und *V. Bădescu :* **Entwurfsmethode zur Bestimmung des nötigen Abfangreiches der Sonnenergie zwecks Aufbereitung von Warmwasser**

Von den komplexen Phänomenen, welche in einem Sonnenkollektor während dem Abfangvorgang und der Umwandlung der Sonnenergie in Wärmeenergie vor sich gehen, hat man ein einfaches Verhältnis gefunden, welches des nötigen Abfangbereich mit dem Wärmebedarf des Vebrauchers und das Strahlungsniveau der Sonne über zwei Koeffizienten verbindet. Die Werte dieser Koeffizienten sind in einer Tabelle für einen grossen Umfang von praktischen Fällen aufgezeichnet.

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 97–103

DK 621.311.87 : 662.61

L. Mihăescu : **Untersuchung der Möglichkeit der staubförmigen Verfeurung minderweriger jester Brennstoffe mit Hilfe von Wirbelbrennern**

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 104–112

DK 621.3.046.2 : 621.1.01

I. Bilegan : **Wärmeröhre aus Aluminium für Wärmeaustausch**

Es wird das Betriebsprinzip des Wärmerohres, seine bemerkenswerte Eigenschaften des Wärmedurchganges und die bei ICEMENERG hergestellten gezogenen Alu-Röhren, zwecks Einsatz in die Wärmerückgewinnungssysteme der sekundären Energiequellen, beschrieben.

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 112–116

DK 621.311.18.004.1

V. Vărzaru : **Einsatzmöglichkeiten der Undurchsichtigkeitsmesser in die mit Öl betriebenen Energiekessel**

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 117–121

DK 621.316.13.001.24

E. Potolea : **Gleichwertigung und Schätzung bei der Berechnung der elektroenergetischen Netze**

Unter Anwendung des Schemas des äquivalentem Netzes mit Umwandlern (RET) für die Gleichwertigung der aktiven oder passiven Knoten eines elektroenergetischen Netzes hat der Verfasser das Modell REX (Netz mit gleichwertigem Knoten *X*) ausgeführt, welches sich als besonders wirksam bei der Berechnung der ständigen oder transitiven Regime der elektroenergetischen System bewährt hat.

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 121–131

DK 621.316.1

Fl. Predan und *D. Caraivan :* **Festlegung des optimalen Niveaus der Reduzierung des technologischen verbrauchs in der Übertragungs-und Verteilungsnetzen in einem bestimmten geografischen Gebiet**

Der Artikel beschreibt eine Methodologie zur Erfahrung von Werten zur Entscheidungstreffung bezüglich der Investition von neuen Aufwänden zwecks Minderung des technologischen Verbrauchs welcher in den vorhandenen Netzen registriert wurde oder zur Auffindung von neuen Methoden zwecks Senkung dieses Verbrauchs ohne weitere Investitionen.

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 132–134

DK 621.3.016.25 : 621.316.1

Gh. Cîrţină : **Über die Schwankung der Wirk- und Blindleistung in den Stromnetzen**

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 135–138

DK 621.311.4 : 621.316.545

B. Georgescu, B. Guzun und *P. Raşcu:* **Der Trennschalter mit konstantem Profil ermöglicht die bautechnische Optimierung der Innenraumumspannungs-Anlagen für 110 kV**

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 138–145

DK 621.313.323

Gh. Ijac, M. Diaconescu u.a : **Experimentelle Forschungen über die Erhöhung der Betriebsbeständigkeit und der Optimierung einiger mit Synchronmotoren angetriebenen Prozessen**

Energetica 28 (1980), H. 3, S. 146–148

SOMMAIRE

CD 621.47.001.1

C. Oancea, D. Badea et *V. Bădescu :* **Méthode à déterminer la zone nécessaire de captation de l'énergie solaire en vue de la préparation de l'eau chaude**

En analysant les phénomènes complexes qui ont lieu dans un insolateur au cours du processus de captation et de conversion de l'énergie solaire en énergie thermique, on a obtenu une relation simple qui lie la zone nécessaire de captation de l'énergie aux besoins thermiques du consommateur et le niveau de la radiation solaire par l'intermédiaire de deux coefficients. Les valeurs de ces coefficients sont enregistrées pour une série de cas pratiques.

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 97–103

CD 621.311.87 : 662.61

L. Mihăescu : **Recherches sur les possibilités de combustion des combustibles solides inférieurs pulvérisés, dans des brûleurs du type tourbillonaire**

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 104–112

CD 621.3.046.2 : 621.1.01

I. Bilegan : **Tubes thermiques en aluminium pour les échangeurs de chaleur**

On présente le principe de fonctionnement du tube thermique, ses propriétés remarquables en ce qui concerne le transfert de chaleur, ainsi que la description des tubes thermiques en aluminium extrudé réalisés par l'ICEMENERG, en vue de leur utilisation pour récupérer la chaleur des ressources énergétiques secondaires.

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 112–116

CD 621.311.18.004.1

V. Vărzaru : **Possibilités d'utilisation des opacimètres aux chaudières énergétiques à mazout**

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 117–121

CD 621.316.13.001.24

E. Potolea : **Equivalation et estimation dans le calcul des réseaux électroénergétiques**

En utilisant le schéma du réseau équivalent avec transformateurs (RET) pour équivaler les noeuds actives ou passives d'un réseau électroenergétique, l'auteur a obtenu le modèle REX (Réseau à noeud Equivalent X), qui s'est montré très efficace dans le calcul des régimes permanents et transitoires des réseaux électroénergétiques.

Energetica 28 (1980), no. 3 p. 121–131

CD 621.316.1

Fl. Predan et *D. Caraivan :* **Méthodologie à établir le niveau optimum qui puisse réduire la consommation technologique dans les réseaux de transmission et distribution de l'énergie électrique dans une zone géographique**

On décrit une méthodologie qui permet à obtenir les données nécessaires pour prendre la décision à investir des valeurs nouvelles pour que la consommation technologique enregistrée dans les réseaux d'une zone géographique soit diminuée. Les données contribuent aussi à trouver une méthode nouvelle qui puisse réduire cette consommation sans investir des valeurs matérielles.

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 132–134

CD 621.3.016.25 : 621.316.1

Gh. Cîrțină : **Sur la variation conforme des puissances actives et réactives dans les réseaux électriques**

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 135–138

CD 621.311.4. : 621.316.545

B. Georgescu, B. Guzun et *P. Rașcu :* **Le séparateur à gabarit constant assure l'optimisation des postes électriques intérieurs à 110 kV**

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 138–145

CD 621.313.323

Gh. Ijac et a. : **Recherches expérimentales sur l'accroissement de la stabilité en service et l'optimisation des processus des systèmes de commande à moteurs synchrones**

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 146–148

CONTENTS

DC 621.47.001.1

C. Oancea, D. Badea and *V. Bădescu :* **Design method to determine the necessary area of the solar energy storage for the hot water preparation**

Analysing the complex phenomena that occur in an insolator during the solar energy storage and conversion into thermal energy, a simple relation has been developed which, by the use of two coefficients, relates the solar energy storage area to the user's thermal energy demands and the solar radiation level. The values of these coefficients are tabled for a large range of practical cases.

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 97–103

DC 621.311.87 : 662.61

L. Mihăescu : **Studies upon the possibilities of burning pulverized low-grade solid fuels in turbulent burners**

Energetica 28 (1980), no. 3, p. 104–112

DC 621.311.046.2 : 621.1.01

I. Bilegan : **Aluminium thermal tubes for the heat exchangers**

The working principle of the thermal tube, its remarkable properties relative to the heat transfer, as well as the description of the thermal tubes made of extruding aluminium already performed by ICEMENERG are presented in view of their use at the heat recovery from the secondary energy sources.

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 112–116

DC 621.311.18.004.1

V. Vărzaru : **Use possibilities of the opacimeters at the fuel-oil boilers**

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 117–121

DC 621.316.13.001.24

E. Potolea : **Equalization and evaluation of the electroenergetic networks**

Using the scheme of the equivalent network with transformers (RET) to equalize either the active or the passive nodes of the electroenergetic network, the author has obtained the REX model (Network with X Equivalent node), which has proved to be extremely efficient in the evaluation of both continuous and transitory regimes of the electroenergetic systems.

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 121–131

DC 621.316.1

Fl. Predan and *D. Caraivan :* **The optimum level determination in order to diminish the technological consumption in the energy transmission and distribution network of a particular geographical area**

This article describes a method by which the necessary data for the new values assignment can be obtained. The data aim at reducing the technological consumption registered in the existing networks as well as at determining new methods for the consumption decrease without investing any new material values.

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 132–134

DC 621.3.016.25 : 621.316.1

Gh. Cîrțină : **On the variation of the active and reactive powers in the electrical networks**

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 135–138

DC 621.311.4 : 621.316.545

B. Georgescu, B. Guzun and *P. Rașcu :* **Constant gauge separator assures the optimization of the 110 kV inner electrical substation building**

Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 138–145

DC 621.313.323

Gh. Ijac a.o. : **Experimental research of reliability and optimization increase of some synchronous motor driven systems processes**

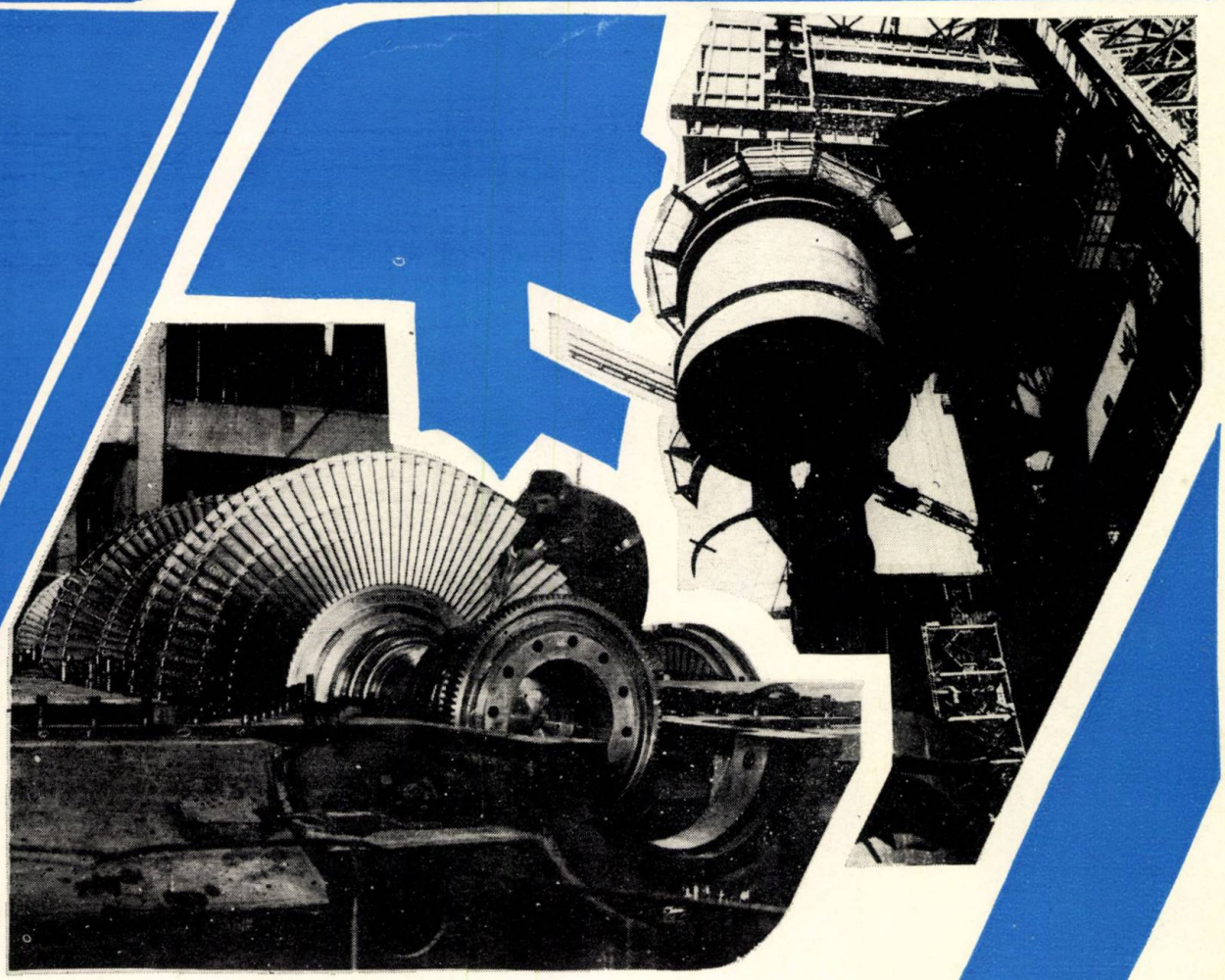
Energetica 28 (1980), nr. 3, p. 146–148

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România. Redacţia: Bucureşti, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 3. Telefon: 20 67 30. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: 5 lei. Taxele poştale achitate conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/7914/1979

I. P. I. c. 2154

41 401

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

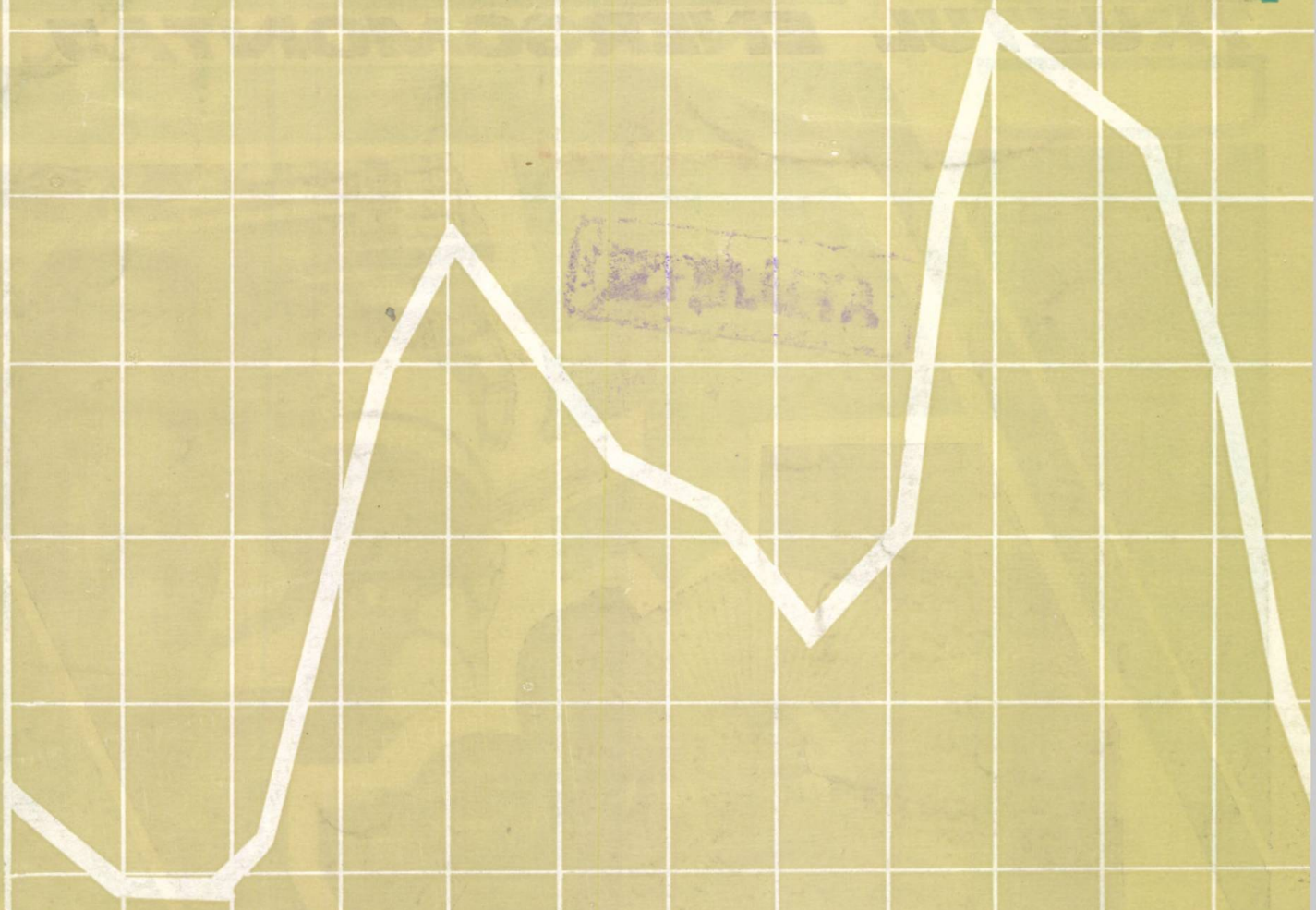
Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Calea Dorobanţi nr. 105 telefon 79 70 20, telex 335

E 2039

MW

4

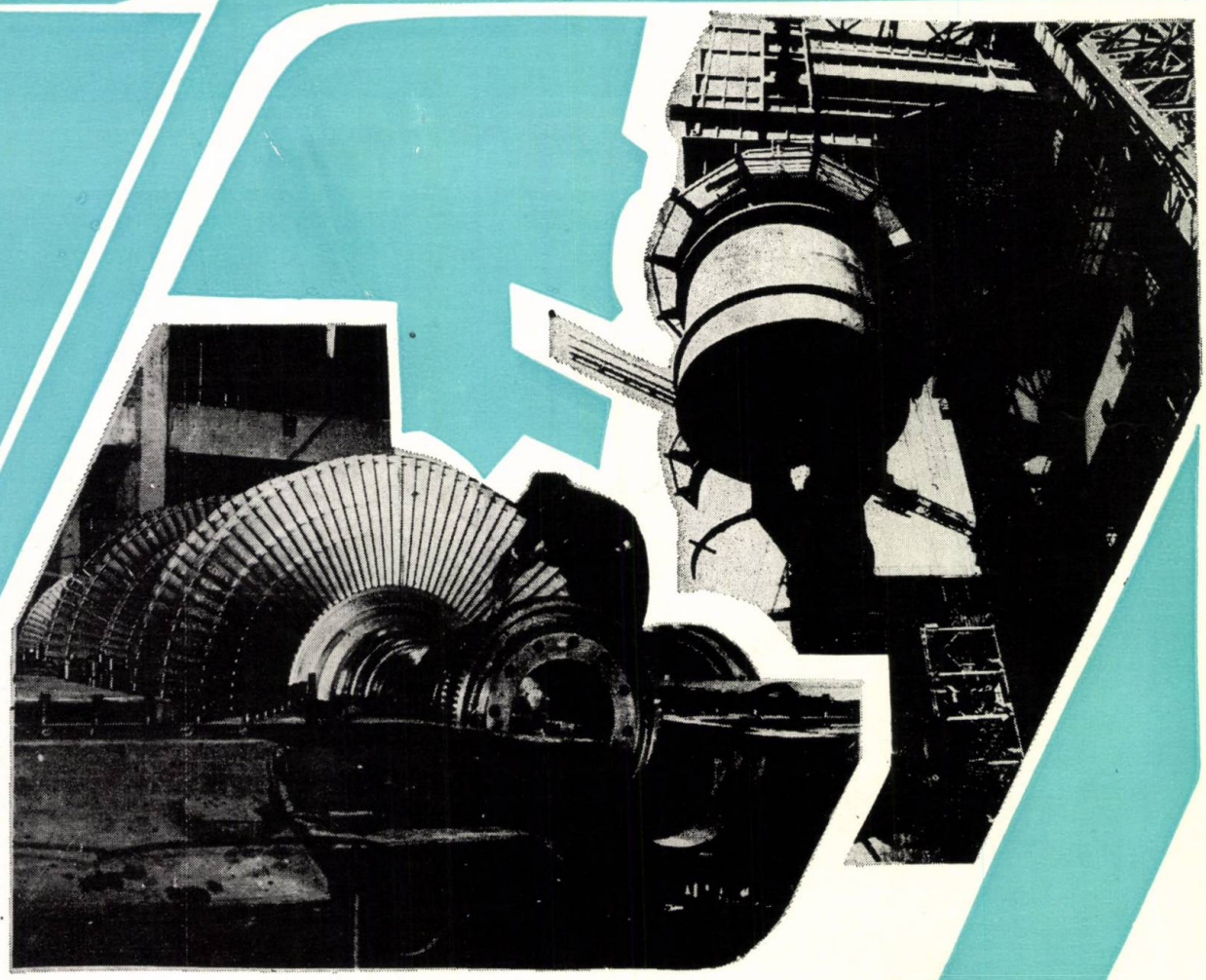


VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
APRILIE 1980

energetica

0 6 12 18 2

TRUSTUL ENERGOMONTAJ



Execută montarea, punerea în funcţiune şi darea în exploatare a echipamentelor şi instalaţiilor energetice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice

Echipamente şi instalaţii pentru centrale termoelectrice şi centrale electrice de termoficare
- cazane de abur de mare capacitate şi parametri înalţi de funcţionare
- turbine cu abur de puteri unitare pînă la 345 MW
- instalaţii de combustibil pentru cărbuni, păcură, gaze
- alte instalaţii termomecanice şi mecanice aferente centralelor termoelectrice.

Echipamente şi instalaţii pentru centrale hidroelectrice şi instalaţii hidrotehnice :
- turbine hidraulice de orice tip, pînă la puteri unitare de 176 MW, conducte forţate
- echipamente şi alte instalaţii pentru centrale hidro şi termoelectrice
- echipamente şi instalaţii pentru ecluze.

Echipamente şi instalaţii electrice pentru centrale termoelectrice şi hidroelectrice, staţii electrice şi instalaţii speciale :
- instalaţii de comutaţie primară pînă la tensiunea de 400 kV inclusiv
- instalaţii de servicii interne în centrale şi staţii electrice
- instalaţii de comutaţie secundară şi de automatizare.

Bucureşti, Calea Dorobanţi nr. 105, telefon 79 70 80, telex 385

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE
ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR
DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 4 aprilie

Cuprinsul

		Pag.
L. Lup	**Reducerea consumurilor specifice de combustibil şi de energie electrică prin optimizarea încadrării centralelor electrice în curbele de sarcină ale SEN**	157—160
V. V. Ghia şi A. Păltinea	**Influenţa combustibilului ars în cuptoare asupra recuperării primare a căldurii**	161—169
L. Oancea	**Creşterea indicelui de termoficare, metodă eficientă de economisire a combustibilului în centralele electrice de termoficare**	169—175
E. D. Cinski	**Eficacitatea reţinătorilor de stropi din materiale plastice, utilizaţi la turnurile de răcire**	175—178
V. Gănescu, M. G. M. Pop, I. Mihăţoiu, A. Arsenescu, I. Erhan, Ec. Ursu şi D. Manea	**Instalaţia solară cu circuit dublu pentru producerea apei calde menajere de la ferma „Baby beef" Bărceneşti — Prahova**	178—180
E. Potolea şi H. Crişciu	**Echivalarea rapidă a reţelelor electroenergetice**	181—184
S. Darie	**Algoritm şi program de calcul pentru analiza reţelelor electrice cu transformatoare**	184—187
R. Sfichi	**Consideraţii cu privire la indicatorii regimului deformant în reţelele sistemului electroenergetic**	188—193
E. Covar	**Releu pentru protecţia transformatorului de curent la deschiderea circuitului secundarului**	194—196
ENERGETICA PESTE HOTARE		
P. Cartianu	**Tendinţe de generalizare a valorificării energetice a deşeurilor urbane**	196—200
CRONICĂ		
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științific
al Institutului central de cercetări energetice

SOMMAIRE

CD 621.311 : 621.311.153

L. Lup : **La diminution des consommations spécifiques de combustible et d'énergie électrique en optimisant la possibilité d'encadrer les centrales électriques dans les courbes de charge du système électroénergétique national**

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 157–160

CD 621–68 : 662.61

V. V. Ghia et *A. Păltinea* : **L'influence du combustible calciné dans les fours sur la récupération primaire de la chaleur**

On explique l'influence des caractéristiques des combustibles sur les possibilités de récupérer la chaleur des gaz de combustion évacués des fours pour réchauffer l'air de combustion. La possibilité potentielle de réchauffement a été précisée par le facteur adimensionnel ,,degré de récupération'' de la chaleur, ainsi que par les coefficients de transmission de la chaleur ; pour exemplifier, on compare cinq combustibles : les gaz naturels, le mazout, les gaz de cokerie, le biogaz et l'hydrogène. La méthode de calcul comparatif est générale.

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 161–169

CD 697.34 : 662.62

L. Oancea : **L'accroissement de l'indice de chauffage urbain, méthode efficace pour épargner le combustible dans les centrales à production combinée chaleur/force**

On présente l'influence de l'accroissement de l'indice de chauffage urbain sur l'accroissement de l'économie de combustible obtenu par la production combinée chaleur/force. L'auteur recommande une série de mesures pour augmenter la valeur de cet indice dans les centrales électriques à production combinée chaleur/force.

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 169–175

CD 621.565.93/94

E. Cinski : **L'efficacité des capteurs de gouttelettes en plastique, utilisés aux tours de réfrigération**

Energetica 28 (1970), no. 4, p. 175–178

CD 621.47.001.5

V. Gănescu, M.G.M. Pop et a. : **Installation solaire à circuit à deux voies pour la production de l'eau chaude ménagère à la ferme ,,Baby beef'' — Bărcănești — Prahova**

On expose le mode de réalisation, ainsi que les données concernant l'exploitation de cette installation réalisée par ICMA en collaboration avec l'ICEMENERG. On présente les constituants de l'installation, les données fonctionnelles, ainsi que les conclusions concernant la possibilité de généraliser les systèmes de telle sorte.

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 178–180

CD 621.311.1.001.2

E. Potolea et *H. Crișciu* : **Equivalation rapide des réseaux électroénergétiques**

On expose une méthode rapide et originale d'équivaler les réseuax électroénergétiques. En utilisant le schéma RET, proposé par les auteurs dans une étude antérieure, on obtient le modèle REX, qui est extrêmement efficace dans le calcul des régimes des réseaux électroénergétiques. En comparaison avec les autres méthodes de calcul, celle-ci est une méthode rapide, car elle ne doit pas récourir à l'élimination gaussienne des noeuds actifs ou passifs.

CD 621.311.1 : 621.314.2

S. Darie : **Algorythme et programme de calcul pour l'analyse des réseaux électriques avec des transformateurs**

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 184–187

CD 621.3.027.001.2

R. Sfichi : **Considérations sur les indicateurs du régime déformant dans les réseaux du système électroénergétique**

L'article synthétise les différents critères adoptés dans les standards des divers pays pour caractériser le régime déformant et établir le seuil de danger au cas où ces critères ne sont pas respectés. On démontre que ces critères ne concordent pas, qu'ils ne contiennent pas des informations complètes sur la situation du réseau et on relève la nécessité d'adopter un critère unique et expressif.

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 188–193

CD 621.314.12 : 621.316.925

E. Covar : **Relais pour la protection du transformateur de courant à l'ouverture du circuit du secondaire**

Energetica 28 (1980), no. 4. p. 194–196

P. Cartianu : **Généralisation de la mise en valeur, du point de vue énergétique, des déchets urbains**

Energetica 28 (1980), no. 4, p. 196–200

CONTENTS

DC 621.311 : 621.311.153

L. Lup : **Diminution of the specific power and fuel consumptions by optimizing the possibility of including the power stations in the load curves of the national power system**

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 157–160

DC 621–68 : 662.61

V. V. Ghia and *A. Păltinea* : **The influence of the fuel nature burned in furnaces on the primary heat recovery**

The article makes clear the influence of the fuel characteristics on the possibilities of recovering the heat of the exhaust gases for the pre-heating of the combustion air. The potential possibility of recorvery has been specified by the dimensionelss factor called ,,heat recovery degree'' as well as by the heat transmission coefficients. Five fuels are compared to better illustrate the above statements : natural gas, fuel oil, coke-gas, biogas and hydrogene. The comparative calculation method is general.

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 161–169

DC 697.34 : 662.62

L. Oancea : **Increase of the district heating index, an efficient method of fuel savings in the combined heat and power stations**

The author describes how the increase of the district heating index makes possible a greater fuel saving obtained at the combined heat and power generation. He reccomends a number of methods to increase the value of this index in the existant combined heat and power stations.

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 169–175

DC 621.565.93/94

E. Cinski : **The efficiency of the plastic droplets retainers used at the cooling towers**

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 175–178

DC 621.47.001.5

V. Gănescu, M.G.M. Pop a.o. : **Solar plant with two circuits to supply hot domestic water at the Bărcănești — Prahova baby beef farm**

The performance and data referring to this plant operation set up by ICMA (Research Institute for agriculture mechanization) in co-operation with ICEMENERG are presented. After the presentation of the plant components and of the working data, the paper offers the conclusions referring to the implementation of such systems.

Enegetica 28 (1980), nr. 4, p. 178–180

DC 621.311.1.001.2

E. Potolea and *H. Crișciu* : **The fast equalization of the power networks**

An original equalization method of the power networks is presented. Using the RET scheme, proposed in a previous paper by the author, the REX model can be worked out, which has proved to be extremely efficient. In comparison with the other equalization methods, which need to eliminate the active or passive nodes, this method is worth being called ''fast''.

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 181–184

DC 621.311.1 : 621.314.2

S. Darie : **Algorithm and computation programme to analyse the power networks with transformers**

Energetica 29 (1980), nr. 4, p. 184–187

DC 621.3.027.001.2

R. Sfichi : **Considerations of the indicators of the distorting regime in the electroenergetic system**

The article presents the different criteria adopted in the standards from different countries on the distorting regime characterization and on the hazard threshold when these criteria are not respected. The article points out that each of these criteria does not contain complete information on the network condition and underlines the necessity of a unique and expressive criterion.

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 188–193

DC 621.314.12 : 621.316.925

E. Covar : **Relay for the current transformer protection at the opening of the secondary circuit**

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 194–196

P. Cartianu : **The energy recovery from urban waste tends to generalise**

Energetica 28 (1980), nr. 4, p. 196–200

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311 : 621.311.153

Л. Луп: **Снижение удельного потребления топлива и электроэнергии путем оптимаизации введения электростанций в графики нагрузки национальной электроэнергетической системы**

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 157–160

ДК 621–68 : 662.61

В. В. Гийа и *А. Пэлтыня:* **Влияние топлива, сжигаемого в печах на первичную рекуперацию тепла**

Выясняется влияние характеристик топлива на возможности рекуперации дымовых газов, выделяемых из печей для подогревателей топочного воздуха. Потенциальная возможность рекуперации тепла, а также посредством коэффициентов передачи тепла, а для упрощения сравнивается пять видов топлива: естественный газ, мазут, коксовый газ, двойной газ и водород. Метод сравнительно расчета является общим.

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 161–169

ДК 697.34 :662.62

Л. Оанчеа: **Рост теплофикационного показателя, эффективный метод экономичности топлива на электротепловых станциях**

Показывается влияние роста теплофикационного показателя на повышение экономии топлива, полученного при комбинированном производстве электроэнергии и тепла. Рекомендуется ряд мероприятий для повышения значений этого показателя на электротепловых станциях, находящихся в эксплуатации.

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 169–175

ДК 621.565.93/94

Е. Чински: **Эффективность водоуловителей из пластмассы, используемых на градирнях**

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 175–178

ДК 621.47.001,5

В. Гэнеску, М. Г. М. Поп, и др.: **Солнечная установка с двойным контуром для производства горячей хозяйственной сточной воды на ферме « Baby beef » Бэркэнешть — Прахова**

Рассматривается способ реализации и данные относительно эксплуатации этой установки, реализованной на ICMA в сотрудничестве с ICMENERG. Представлены составные части установки, функциональные данные и выводы, касающиеся обобщения использования систем такого типа.

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 178–180

ДК 621.311.001.2

Е. Патоля и *Х. Крищю:* Быстрое эквивалентирование электроэнергетических сетей

Рассматривается оригинальный метод электроэнергетических сетей. Используют схему ЭТС (Электротрансформаторных сетей), предложенную автором в предыдущей работе, получается модель R E X, которая явилась особо эффективной при расчете режимов обширной электроэнергетической сети. О предложенном методе эквивалентирования можно сказать «быстрый», если сравнить его с другими методами эквивалентирования, для которых необходимо удаление пассивных и активных узлов по методу Гаусса.

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 181–184

ДК 621.311.1 : 621.314.2

С. Дарие.: **Алгорифм и программа расчета для анализа электрических трансформаторных сетей**

Energetica 28 (1980), № 4. стр. 184–187

ДК 621.3.027.001.2

Р. Сфики: **Соображения относительно показателей деформирующего режима в сетях электроэнергетической системы.**

Синтетически представлены критерии, принимаемые в нормативах по специальности в различных странах относительно характеризации деформирующего режима и при установлении порога опасности. в случае несоблюдения этих критерий. Показывается, что эти критерии не соответствуют, что каждый в отдельности не содержит полных информаций о положении в сети и отмечается необходимость применения одного единственного и выразительного критерия.

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 188–193

ДК 621.314.12 :621.316.925

Е. Ковар: **Реле для защиты трансформатора тока ри при открытии вторичной цепи.**

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 194–196

П. Картиану: **Тенденции обобщения энергетического освоения городских сбросов.**

Energetica 28 (1980), № 4, стр. 196–200

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311 :621.311.153

L. Lup : **Reduzierung des Einheitsstoffverbrauches und der Elektroenergie durch die Optimierung der Eingliederung der elektrischen Kraftwerke in die Lastkurven des nationalen elektroenergetischen Systemes**

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 157–160

DK 621–68 :662.62

V. V. Ghia und *A. Păltinea* : **Einfluss des verbrannten Treibstoffes in den Öfen auf die primäre Rückgewinnung der Wärme**

Es wird der Einfluss der Charakteristiken der Brennstoffe auf die Möglichkeit der Rückgewinnung der Wärme des aus den Öfen ausgeblasenen Feuergases für dieVorwärmung der Brennluft geklärt. Die potentiale Möglichkeit der Rückgewinnung wurde bestimmt durch den adimensionalen Wert, Wärmerückgewinnungsgrad genannt, sowie auch durch die Wärmeübergangszahl. Als Beispiel werden 5 Treibstoffe verglichen : Naturgas, Heizöl, Kokereigas, Bigas und Wasserstoff. Die Methode der Vergleichsberechnung ist allgemein.

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 161–169

DK 697.34 : 662.62

L. Oancea : **Erhöhung des Fernheizfaktors, eine wirksame Methode zur Einsparung des Brennstoffes in den Heizkraftwerken**

Es wird der Einfluss des Fernheizfaktors auf die Erhöhung der Brennstoffeinsparung welche bei der kombinierten Erzeugung der Elektroenergie und der Wärme erzielt wird, vorgestellt. Es werden mehrere Empfehlungen zur Erhöhung des Wertes dieses Indikators in den Heizkraftwerken die sich in Betrieb befinden, gemacht.

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 169–175

DK 621.565.93/94

E. Cinski : **Wirksamkeit der [Kunststofftropfenkrückhalter welche bei den Kühltürmen angewendet werden.**

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 175–178

DK 621.47.001.4

V. Gănescu, M. G. M. Pop u.a. : **Sonneneinrichtungen mit doppelten Kreislauf zur Erzeugung von Haushaltswarmwasser bei der Farm „Baby beef'' in Bărcăneşti-Prahova**

Es wird die Realisierungsweise und Daten betreffend den Betrieb dieser Einrichtungen die von einem Bauinstitut in Zusammenarbeit mit ICEMENERG hergestellt wurde, exponiert. Es werden die Bauelemente, Betriebswerte und Gesichtspunkte bezüglich der Verallgemeinerung solcher Systemevorgestellt

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 178–180

ДК 621.311.1.001.2

E. Potolea und *H. Crişciu* **Schnelle Gleichwertigung der elektroenergetischen Netze**

Es wird eine originelle Methode zur Gleichwertigung der elektroenergetischen Netze exponiert. Unter Anwendung des RET-Schemas welches vom Verfasser in eine vorhergehenden Beitrag vorgeschlagen werde, wird das Model REX erhalten, welches besonders wirksam bei der Berechnung der Regime in den elektroenergetischen Netzen ist. Die vorgeschlagene Gleichwertigungsmethode ist ,,schnell'' wenn sie mit den anderen Methoden verglichen wird, welche die Gauss-Beseitigung der passiven oder aktiven Kntoen benötigt.

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 181–184

DK 621.311.1 : 621.314.2

S. Darie : **Algorythmus und Berechnungsprogramm zur Auswertung der elektrischen Netze mit Transformatoren**

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 184–187

DK 621.3.027.001.2

R. Sfichi : **Auffassungen betreffend die Werte des Deformierungszustandes in den elektroenergetischen Netzen**

Es werden zusammenfassend die verschiedenen Kriteriums welche in den Normen diverser Länder einbezogen werden, betreffend die Kennzeichnung des Deformierungzustandes und die Festlegung der Gefährlichkeitsschwelle im Falle der Nichteinhaltung dieser Kriteriums. Es wird dargelegt dass sie einzeln nicht die vollkommenen Informationen betreffend die Lage im Netz liefern und es wird die Notwendigkeit der Festlegung eines einheitlichen Kriteriums betont.

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 188–193

ДК 621.314.12 :621.316.925

E. Covar : **Schutzrelais für Stromwandler beim Öffnen des Sekundärkreises**

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 194–196

P. Cartianu: **Vorallgemeinerungstendenzen der energiewirtschaftlichen Müllverwendung in Städten**

Energetica 28 (1980), H. 4, S. 196–200

Reducerea consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică prin optimizarea încadrării centralelor electrice în curbele de sarcină ale SEN

Dr. ing. L. Lup *)

1. Generalități

Sarcina principală a sistemelor electroenergetice este aceea de a acoperi, în orice moment și în condiții economice, necesarul de consum de energie electrică la parametrii electrici (tensiune și frecvență) ceruți.

Necesarul de consum de putere electrică din sistem variază, în decursul timpului, în mod continuu, în funcție de mulți factori, dintre care se menționează: natura și numărul consumatorilor alimentați, anotimp, condiții meteorologice etc.

La încadrarea centralelor electrice și a agregatelor acestora în curbele de sarcină ale sistemului trebuie ținut seama în principal de: evoluția necesarului de consum de putere electrică al țării, soldul de export-import de putere și energie electrică, politica de combustibil, structura centralelor electrice, nivelul de putere efectiv utilizabilă pe centrale și pe categorii de centrale și de valorile minime de putere obligate pe diferite centrale.

Realizarea soluției optime de dezvoltare și exploatare a centralelor electrice este influențată de anumiți factori, dintre care se scot în evidență: realizarea de centrale electrice cu investiții minime, combustibili ieftini, consumuri specifice și creșteri relative de combustibili minime, disponibilități maxime pentru agregate, precum și exploatarea centralelor electrice astfel încît să se asigure producția maximă de energie electrică pentru cantitățile de combustibil și alte resurse energetice date și minim de cheltuieli legate de reparațiile planificate și avarii.

Nu totdeauna se pot realiza toate condițiile de economicitate de mai sus, iar soluția optimă pe ansamblu nu duce la obținerea optimului pe fiecare ramură de factori de influență. În acest sens se menționează, de exemplu, că funcționarea centralelor dintr-un sistem electroenergetic după soluția cea mai economică, în cazul existenței combustibililor de puteri calorifice diferite, cu randamente de ardere diferite, cu priorități (restricții) de consum diferite și cu prețuri diferite (atît la combustibil cît și la alte resurse de energie) și neproporționale cu energiile utile obținute la cazane, nu corespunde nici soluției cu consum de combustibil minim, și nici soluției cu cheltuieli de exploatare minime.

*) Dr. ing. Liviu Lup este inginer proiectant principal II la ISPE.

Criteriul de menținere în funcțiune și de încărcare a centralelor și, respectiv, a agregatelor în funcție de consumul specific de combustibil și de creșterile relative este valabil numai în cadrul aceluiași fel de combustibil sau al unei anumite resurse de energie.

În cazul în care combustibilii utilizați în centrale electrice sînt diferiți și, în special, o dată cu dezvoltarea utilizării centralelor nucleare, se impune ca menținerea în funcțiune și încărcarea agregatelor să se facă (ținînd seama de disponibilitățile și de politica de combustibil) în funcție de valoarea cheltuielilor variabile cu sarcina agregatelor, sau de variația creșterilor relative ale costurilor energiei electrice livrate de centrală, în funcție de sarcină.

2. Disponibilul, politica de combustibil și posibilități de dezvoltare a diferitelor tipuri de centrale electrice

Alegerea soluției de dezvoltare și exploatare a centralelor electrice trebuie să se facă ținînd seama de sursele și resursele de energie primară ale țării.

În prezent, atît în țara noastră cît și în lume, resursele de energie primară prevăzute a fi utilizate în proporție importantă, pentru producerea energiei electrice, sînt combustibilii clasici, resursele hidroenergetice și cele nucleare.

Politica de combustibil, adoptată cu privire la utilizarea diferitelor feluri de purtători de energie (combustibili), în cadrul economiei generale, trebuie să țină seama de:

— rezervele țării pe diferitele categorii de combustibil;

— prețul specific al diferitelor categorii de combustibil;

— posibilitățile, avantajele și dezavantajele utilizării acestor combustibili în alte ramuri ale economiei naționale;

— posibilitățile și implicațiile importului sau exportului diferitelor feluri de combustibil.

Politica de combustibil se schimbă în decursul timpului în funcție de găsirea a noi resurse de energie primară utilizabile în mod convenabil și, eventual, în funcție de conjunctura economică și politica internațională.

Alegerea soluției de dezvoltare a centralelor electrice trebuie să se facă pe bază de calcule tehnico-economice.

3. Variația consumului specific de combustibil și de energie electrică funcție de sarcina pe centralele electrice

În tabelul 1 se prezintă variația consumului specific de combustibil și de energie electrică la variația sarcinii pe un bloc termoenergetic de 330 MW cu combustibil păcură, pentru con-

Tabelul 1

Variația consumului specific de combustibil și de energie electrică la variația sarcinii pe un bloc

Se consideră un bloc de 330 MW cu combustibil păcură. Consumul specific de combustibil și consumul propriu tehnologic de pornire se consideră egale cu 50% din cele de la sarcina nominală. Variația sarcinii se face o singură dată pe zi; timp de încărcare: 1,37 h/zi; timp de descărcare: 1,37 h/zi (total 620 h/an).

1. *Funcționarea cu porniri-opriri zilnice timp de 225 zile lucrătoare pe an*

Durata de funcționare [h/an]	4310	3310	2310	1310	810
Durata de utilizare [h/an]	4000	3000	2000	1000	500
din care :					
— la sarcina nominală cu : C_{sb} = 313 g c.c./kWh și C_p = 3,1 % [h/an]	3690	2690	1690	690	190
— la sarcina medie (50 %) cu : C_{sb} = 360 g c.c./kWh și C_p = 4,9 % [h/an]	310	310	310	310	310
Realizări :					
— consum specific mediu brut [g c.c./kWh]	322,8	329,7	338,0	363,0	412,0
— consum specific mediu net [g c.c./kWh]	333,5	340,9	350,0	377,5	432,2
— consum propriu mediu [%]	3,327	3,402	3,554	4,007	4,914

2. *Funcționare continuă cu variații de sarcină între sarcinile de 80 și 100 %*

Durata de funcționare [h/an]	6500	6500	6500	6500	6500
Durata de utilizare [h/an]	6000	5800	5600	5400	5300
din care :					
— la sarcina nominală cu : C_{sb} = 313 g c.c./kWh și C_p = 3,1 % [h/an]	3690	2690	1690	690	190
— la sarcina medie de 90 % cu : C_{sb} = 312 g c.c./kWh și C_p = 3,3 % [h/an]	558	558	558	558	558
— la sarcina de 80 % cu : C_{sb} = 317 g c.c./kWh și C_p = 3,6 % [h/an]	1752	2552	3352	4152	4552
Realizări :					
— consum specific mediu brut [g c.c./kWh]	314,0	314,7	315,4	315,9	316,2
— consum specific mediu net [g c.c./kWh]	324,3	325,2	326,2	327,0	327,4
— consum propriu mediu [%]	3,265	3,330	3,419	3,505	3,550

3. *Funcționare continuă cu variații de sarcină între sarcinile de 50 și 100 %*

Durata de funcționare [h/an]	6500	6500	6500	6500	6500
Durata de utilizare [h/an]	5250	4750	4250	3750	3500
din care :					
— la sarcina nominală cu : C_{sb} = 313 g c.c./kWh și C_p = 3,1 % [h/an]	3690	2690	1690	690	190
— la sarcina medie de 75 % cu : C_{sb} = 322 g c.c./kWh și C_p = 3,8 % [h/an]	465	465	465	465	465
— la sarcina de 50 % cu : C_{sb} = 360 g c.c./kWh și C_p = 4,9 % [h/an]	1095	1595	2095	2595	2845
Realizări :					
— consum specific mediu brut [g c.c./kWh]	323,6	329,7	337,2	346,7	352,3
— consum specific mediu net [g c.c./kWh]	335,0	342,1	350,9	362,1	368,7
— consum propriu mediu [%]	3,538	3,773	4,064	4,433	4,656

diții medii de stare a blocului și a mediului ambiant.

Din acest tabel se constată :

— îmbunătățirea (scăderea) consumului specific de combustibil și a consumului propriu tehnologic cu creșterea duratei de utilizare, atît în cazul funcționării cu porniri-opriri zilnice, cît și în cazul funcționării continue ;

— consumul specific net de combustibil este mai bun în cazul funcționării continue și cu variații mici de sarcină decît în cazul funcționării cu porniri-opriri zilnice ;

— consumul specific net de combustibil este mai bun pentru durate mari de utilizare în cazul funcționării cu porniri-opriri zilnice decît în cazul funcționării continue și cu variații mari de sarcină ;

— consumul specific net de combustibil este mai bun pentru durate mici de utilizare în cazul funcționării continue și cu variații mici de sarcină decît în cazul funcționării cu porniri-opriri zilnice.

Dar centralele electrice, pe ansamblul sistemului, indiferent de repartiția puterii pe cen-

trale, vor trebui să producă aceeași putere netă pe ansamblu. Deci diferite niveluri de putere pe o anumită centrală, considerate pentru același moment, duc la diferite niveluri de putere pe alte centrale din sistem, tot pentru același moment.

Pentru a face variantele echivalente pentru sistem, se consideră următoarele :

Varianta 1, cu 5 blocuri identice, din care 4 funcționează continuu 6500 h/an la sarcina nominală, iar unul cu opriri zilnice, ca în cazul 1 din tabelul 1. Rezultă pe ansamblu :

la 4 000 h/an la bloc 5	la 500 h/an la bloc 5
C_{sb} = 314,7 gc.c./kWh	314,9 g c.c./kWh
C_{sn} = 324,6 gc.c./kWh	324,7 g c.c./kWh
C_p = 3,130 %	3,134 %

Varianta 2, cu 5 blocuri identice cu cele din varianta 1, cu funcționare continuă, cu variații de sarcină între sarcinile de 80 și 100 %, acoperind aceeași curbă ca și în cazul variantei 1. Rezultă pe ansamblu, corespunzător duratei sarcinilor de vîrf :

la 4 000 h/an	la 500 h/an
C_{sb} = 315,07 g c.c/kWh	316,3 g c.c./kWh
C_{sn} = 324,32 g c.c./kWh	327,5 g c.c./kWh
C_p = 3,265 %	3,550 %

Vatianta 3, cu 2 blocuri identice, cu un bloc funcționînd continuu 6500 h/an la sarcina nominală, iar al doilea cu opriri zilnice, ca în cazul din tabelul 1. Rezultă pe ansamblu :

la 4 000 h/an	la 500 h/an
C_{sb} = 317,7 g c.c./kWh	320,1 g c.c/kWh
C_{sn} = 327.8 g c.c./kWh	330,4 g c.c./kWh
C_p = 3,186 %	3,229 %

Varianta 4, cu 2 blocuri identice cu cele din varianta 3, cu funcționare continuă, cu variații de sarcină între sarcinile de 50 și 100 %, acoperind aceeași curbă de sarcină ca și în cazul variantei 3. Rezultă pe ansamblu :

la 4 000 h/an	la 500 h/an
C_{sb} = 323,5 g c.c./kWh	352,2 g c.c./kWh
C_{sn} = 334,9 g c.c/kWh	368,6 g c.c./kWh
C_p = 3,537 %	4,656 %

Din cele de mai sus, și conform problemei puse, rezultă că pe ansamblul sistemului, la variații de sarcină mici și cînd agregatele au sarcina optimă mai mică decît cea nominală, este mai economic să se scadă sarcina pe toate agregatele, iar în celelalte cazuri să se oprească agregate în rezervă la scăderea sarcinii, și în în special cînd sarcina scade pe durate lungi de timp.

Repartiția sarcinii pe agregatele centralelor electrice care consumă același fel de combustibil trebuie să se facă în ordine economică, și anume :

— punerea în funcțiune a agregatelor se va face în ordinea creșterii consumului specific al acestora (c_s) ;

— pentru agregatele aflate în funcțiune, încărcarea se va face în ordinea creșterilor relative ale consumului de combustibil (c_r).

Pentru realizarea producției maxime de energie electrică din aceeași cantitate dată de combustibil, este necesar ca agregatele să fie încărcate în toate orele pînă la aceeași valoare a creșterilor relative. Altfel exprimat, un agregat produce din aceeași cantitate de combustibil mai multă energie electrică (în cazul în care are caracteristicile de consum asemănătoare cu cele din figura 1, cu creșteri relativ crescătoare) dacă funcționează la o sarcină medie, decît în cazul în care funcționează un timp la o sarcină mai mică și un timp complementar ($t_3 = t_2 - t_1$) la o sarcină mai mare, după cum rezultă din cele ce urmează :

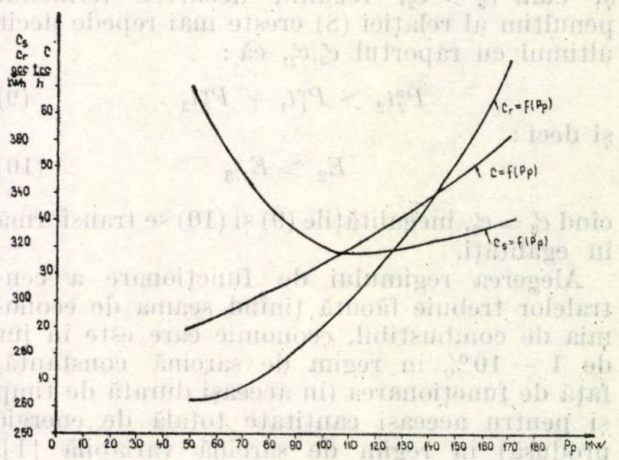


Fig. 1. Caracteristicile consumului de combustibil al unui bloc termoenergetic.

Pp – putere produsă ; C – consum de combustibil ; c_s – consum specific de combustibil ; c_r – creșteri relative ale consumului de combustibil.

Se dă cantitatea de combustibil C care se consumă în cele două soluții, respectînd relațiile :

$$C = c_2^s E_2 = P_2^p c_2^s t_2 \qquad (1)$$

$$C = c_{1,3}^s E_{1,3} = P_1^p c_1^s t_1 + P_3^p c_3^s t_3$$

iar

$$E_2 = P_2^p t_2$$

$$E_{1,3} = P_1^p t_1 + P_3^p t_3, \qquad (2)$$

dar

$$P_2^p c_2^s t_2 = P_1^p c_1^s t_2 + (P_2^p - P_1^p) c_2^r t_2$$

$$P_3^p c_3^s t_3 = P_1^p c_1^s t_3 + (P_2^p - P_1^p) c_2^r t_3 + \qquad (3)$$

$$+ (P_3^p - P_2^p) c_3^r t_3$$

Din relațiile (1) rezultă :

$$P_1^p c_1^s t_2 + (P_2^p - P_1^p) c_2^r t_2 = P_1^p c_1^s t_1 + P_1^p c_1^s t_3 +$$

$$+ (P_2^p - P_1^p) c_2^r t_3 + (P_3^p - P_2^p) c_3^r t_3 \qquad (4)$$

și cum :

$$P_1^p c_1^s t_2 = P_1^p c_1^s t_1 + P_1^p c_1^s t_3 \quad (5)$$

rezultă :

$$(P_2^p - P_1^p) c_2^r t_2 = (P_2^p - P_1^p)\, c_2^r t_3 + \\ + (P_3^p - P_2^p)\, c_3^r t_3 \quad (6)$$

și, regrupînd și reducînd termenii asemenea, rezultă :

$$P_2^p c_2^r t_2 = P_1^p c_2^r t_1 + P_3^p c_3^r t_3 + P_2^p (c_2^r - c_3^r)\, t_3 \quad (7)$$

sau

$$P_2^p t_2 = P_1^p t_1 + P_3^p \frac{c_3^r}{c_2^r} t_3 + P_2^p \left(1 - \frac{c_3^r}{c_2^r}\right) t_3 \quad (8)$$

și cum $c_3^r > c_2^r$, rezultă, deoarece termenul penultim al relației (8) crește mai repede decît ultimul cu raportul c_3^r/c_2^r, că :

$$P_2^p t_2 > P_1^p t_1 + P_3^p t_3 \quad (9)$$

și deci :

$$E_2 > E_{1,3} \quad (10)$$

cînd $c_3^r = c_2^r$, inegalitățile (9) și (10) se transformă în egalități.

Alegerea regimului de funcționare a centralelor trebuie făcută ținînd seama de economia de combustibil, economie care este în jur de 1 — 10% în regim de sarcină constantă, față de funcționarea (în aceeași durată de timp și pentru aceeași cantitate totală de energie produsă) în regim de sarcină variabilă [1].

Exemplu

Un bloc electrogen care are puterea nominală, P_n, egală cu o putere maximă productibilă $P_{pmax} = 250$ MW și puterea minimă $P_m = 150$ MW, are următoarele caracteristici de consum :

— la 150 MW, consumul specific este : $c_s = 400$ g c.c./kWh
— de la 150 la 200 MW, creșterea relativă este :

$$c_2^r = 280 \text{ g c.c./kWh.}$$

— de la 200 la 250 MW, creșterea relativă este :

$$c_3^r = 320 \text{ g c.c./kWh}$$

și se consideră pentru ușurința calculelor că funcționează în următoarele două variante :

— 24 ore la sarcina de 200 MW ;
— 12 ore la sarcina de 150 MW și 12 ore la sarcina de 250 MW.

Calculînd consumul de combustibil în ambele variante, rezultă, după relațiile (3) :

— Pentru varianta 1 de funcționare :

$$[150 \text{ MW} \times 400 \text{ g c.c./kWh} + (200 - 150) \text{MW} \times \\ \times 280 \text{ g c.c./kWh}] \times 24 \text{ h} = 1776 \text{ t c.c.}$$

— Pentru varianta 2 de funcționare :

$$150 \text{ MW} \times 400 \text{ g c.c./kWh} \times 12 \text{ h} = 720 \text{ t c.c.}$$
$$[150 \text{ MW} \times 400 \text{ g c.c./kWh} + \\ + (200 - 150) \text{ MW} \times 280 \text{ g c.c./kWh} + \\ + (250 - 200) \text{ MW} \times 320 \text{ g c.c./kWh}] \times \\ \times 12 \text{ h} = 1080 \text{ t c.c.}$$

Total în varianta 2 : $C = 1800$ t c.c.

Rezultă deci că în varianta 2 se consumă, pentru aceeași cantitate de energie electrică produsă ca și în varianta 1, cu 24 t c.c./zi mai mult combustibil.

La grupurile electrogene din centrale hidroelectrice, energia electrică ce poate fi produsă dintr-o anumită cantitate de apă turbinată este cu atît mai mare cu cît :

— grupurile funcționează la sarcini mai apropiate de puterea lor economică (mai apropiate de puterea pentru care randamentul este optim) ;
— se asigură o cădere de presiune mai mare a apei turbinate, deci nivel ridicat al apei în amonte, nivel coborît al apei în aval și pierderi mici pe aducțiuni.

În acest sens, se subliniază faptul că la CHE cu lacuri de acumulare producția de energie electrică tinde spre maxim atunci cînd centrala funcționează cea mai mare parte a anului cu lacul plin.

4. Încadrarea centralelor electrice în curbele de sarcină

Cunoscînd curbele de sarcină caracteristice (curbe minime, medii, maxime pentru zile de lucru, zile de repaos etc.) pentru exploatare sau pentru planurile de perspectivă pe luni și ani calendaristici, încadrarea centralelor în curbele de sarcină trebuie făcută pe centrale sau pe grupe de centrale, și anume :

— centrale hidroelectrice pe firul apei, care vor funcționa după disponibilul momentan de apă ;
— centrale termoelectrice cu sarcini impuse de factori externi (termoficare, combustibil impus zilnic etc.) ;
— centrale la minim tehnic obligat ;
— centrale hidroelectrice cu regularizare zilnică și săptămînală ;
— centrale termoelectrice cu combustibil impus lunar sau anual ;
— centrale hidroelectrice cu regularizare sezonieră și multianuală ;
— restul centralelor termoelectrice, ținînd seama de cele arătate la capitolele precedente.

Poziția pe care trebuie să o ocupe sarcina acoperită de o centrală (sau de către o categorie de centrale) în cadrul unei curbe de sarcină, în cazul în care centrala trebuie să producă obligatoriu o cantitate de energie electrică și să participe în timpul vîrfului de sarcină cu întreaga sa putere efectiv utilizabilă la acoperirea sarcinii, este unică [1].

Repartiția în cursul anului a reparațiilor planificate pe grupe de agregate, precum și încadrarea în curbele de sarcină a centralelor hidroelectrice cu regularizare sezonieră și multianuală trebuie făcute în așa fel încît să rezulte pentru centralele termoelectrice același nivel de încărcare în toate lunile anului, respectiv gradul de încărcare a centralelor termoelectrice să se oprească, în cea mai mare parte a timpului, la același nivel de consum specific de combustibil sau creșteri relative ale consumului de combustibil.

Bibliografie

[1] Lup, L. *Acoperirea sarcinii sistemelor de centrale electrice.* În : Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, nr. 11, 1973, p. 563—568.

(Articol intrat în redacție la 2 noiembrie 1979)

Influența combustibilului ars în cuptoare asupra recuperării primare a căldurii

Dr. ing. V. V. Ghia
și ing. A. Păltînea *)

1. Generalități

Caracteristicile combustibililor arși în cuptoare pot avea o mare influență asupra posibilităților de a recupera căldura gazelor rezultate din ardere, deoarece, în primul rînd, aceste caracteristici determină debitul și compoziția gazelor, care cedează căldura în recuperator. Cunoașterea posibilităților de a recupera căldura din gazele de ardere evacuate prezintă un deosebit interes pentru :

— cuptoarele noi care se proiectează ;

— cuptoarele în funcțiune la care este favorabilă dotarea cu recuperatoare de căldură ;

— cuptoarele existente dotate cu recuperatoare la care, din diferite motive, se pune problema schimbării combustibilului ars.

În țara noastră, schimbările combustibilului folosit sînt determinate în special de :

— necesitatea utilizării superioare pentru chimizare a gazelor naturale ;

— echilibrarea balanței consumului de combustibili primari prin utilizarea combustibililor care apar ca resurse energetice secundare, cum sînt, de exemplu, gazul de furnal, bigazul, toluenul și xilenul ca agenți de reflux [1] etc.

În ultimul timp, pe plan mondial, folosirea prin ardere industrială a hidrogenului este privită ca o sursă nouă de energie, cu perspective ample de dezvoltare. Comparativ cu arderea combustibililor fosili în curs de epuizare, arderea hidrogenului prezintă avantaje importante : prin arderea acestuia nu se poluează mediul ambiant și se poate obține din electroliza apei [2], [3], [4], [5].

Trebuie menționat că pot apărea cazuri în care, prin schimbarea combustibilului, recuperatorul să nu mai permită preîncălzirea aerului de ardere la o temperatură suficient de ridicată pentru a asigura nivelul de temperaturi necesar în cuptor, prin aceasta micșorîndu-se productivitatea cuptorului sau mărindu-se consumul specific de combustibil.

De aceea lucrarea de față își propune să clarifice influența naturii combustibilului asupra posibilităților de a recupera căldura gazelor de ardere evacuate din cuptoare pentru preîncălzirea aerului de ardere.

Posibilitățile de recuperare vor fi precizate prin variația unei mărimi adimensionale, denumită grad de recuperare a căldurii, și a relațiilor criteriale pentru determinarea coeficienților de transmitere a căldurii, iar ca exemplificare rezultatele se vor compara pentru cinci combustibili caracteristici : gaz natural, păcură, gaz de cocserie, bigaz și hidrogen.

2. Posibilitatea potențială de recuperare primară

Considerăm că o măsură a posibilității de recuperare a căldurii gazelor de ardere evacuate din cuptoare o dă gradul de recuperare a căldurii, Ω [6], definit prin relația :

$$\Omega = \frac{n V_0 i_p}{[V_{g0} + (n_e - 1) V_0] i_e}, \qquad (1)$$

unde :

n este coeficientul excesului de aer pentru ardere, corespunzător aerului care se introduce preîncălzit în focar ;

n_e — coeficientul excesului de aer la evacuarea din cuptor ;

V_0 — cantitatea teoretică de aer pentru ardere, în Nm^3/m^3N ; m^3N/kg ;

V_{g0} — cantitatea teoretică de gaze ce rezultă din ardere, în m^3N/m^3N sau Nm^3/kg ;

i_p — entalpia a 1 m^3N aer la temperatura de preîncălzire t_p, în $kcal/m^3N$;

i_e — entalpia gazelor de ardere la temperatura de evacuare din cuptor, t_e, în $kcal/m^3N$.

După cum se remarcă din relația (1), raportul Ω precizează proporția din căldura gazelor de ardere evacuate din cuptor pentru unitatea de combustibil ars, care, fiind recuperată, este adusă în focarul cuptorului sub formă de aer preîncălzit.

Atunci cînd se admite că nu se aspiră aer fals în cuptor, $n_e = n$, adică excesul de aer din gazele de ardere evacuate este același cu excesul de aer pentru arderea completă. În funcție de caracteristicile recuperatorului există o dependență între temperatura aerului preîncălzit, t_p, și temperatura de evacuare din cuptor, t_e.

În figura 1 se prezintă variația, pentru $n = n_e = 1{,}05$, a curbelor gradului de recuperare a căldurii, Ω, în funcție de temperatura t_e la combustibili gazoși, a căror compoziție este redată în tabelul 1 și pentru păcură avînd compoziția : C = 87,5 %, H = 11,2 %, S = 0,6 %, apă W = 0,3 %, N = 0,2 %, O_2 = = 0,2 %.

S-au trasat curbele de variație pentru trei cazuri caracteristice :

a) $t_p = 0{,}3\ t_e$,

b) $t_p = 0{,}6\ t_e$,

c) $t_p = t_e$.

*) Dr. ing. Victor V. Ghia este cercetător științific principal II la ICSITEEMR ; ing. Anton Păltînea este inspector în cadrul Inspecției pentru controlul gospodăririi combustibililor și energiei din M.A.T.M.C.G.F.F.

Tabelul 1

Compoziția / Combustibilul	CH_4	C_2H_6	CO	H_2	CO_2	N_2	O_2	H_2O
Gaz natural	98,8	0,8	—	—	—	0,4	—	—
Gaz de cocserie	24,46	2,26	5,59	53,66	2,65	8,93	0,589	1,86
Bigaz	5,32	0,509	23,79	13,0	9,97	45,4	0,126	1,86
Hidrogen	—	—	—	100	—	—	—	—

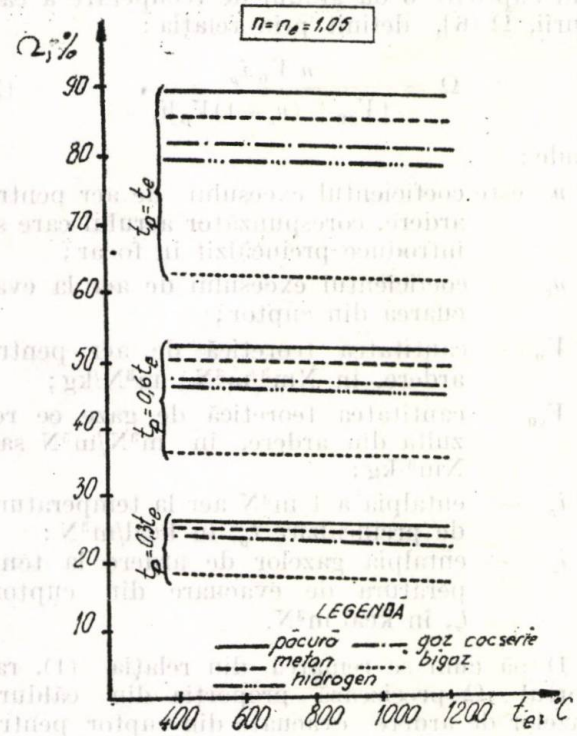


Fig. 1. Influența variației temperaturilor t_e și t_p asupra gradului de recuperare Ω, pentru $n = n_e = 1{,}05$.

Cazul *c*) se referă la o situație ideală, nerealizabilă în practică, iar cazul *a*) corespunde unei recuperări de căldură relativ mică.

Din figura 1 rezultă că :

— diferențele dintre Ω sînt cu atît mai mari, în funcție de natura combustibilului, cu cît se recuperează o cantitate mai mare de căldură din gazele de ardere evacuate, adică cu cît temperaturile t_p și t_e sînt mai apropiate ca valori ;

— pentru același combustibil, raportul Ω se micșorează ușor odată cu creșterea temperaturii t_e ;

— variația lui Ω cu t_e este practic liniară ;

— valoarea lui Ω pentru hidrogen este mai apropiată de gazul de cocserie ;

— pentru aceeași temperatură t_e, raportul Ω este cu atît mai mare cu cît combustibilul are puterea calorică inferioară mai ridicată. Astfel, pentru $t_p = 0{,}3\ t_e$ și $t_e = 400 \ldots 1200°C$, la bigaz $\Omega = 0{,}17 \ldots 0{,}18$, iar la păcură $\Omega = 0{,}235 \ldots 0{,}257$, în timp ce pentru $t_p = t_e$ și $t_e = 400 \ldots 1200°C$ la bigaz $\Omega = 0{,}605 \ldots 0{,}62$, iar la păcură $\Omega = 0{,}87 \ldots 0{,}884$.

Din această ultimă constatare se poate deduce că, atunci cînd se obține aceeași temperatură de preîncălzire t_p, temperatura gazelor de ardere evacuate din recuperatoare va fi scăzută ; deci recuperarea căldurii este mai bună dacă se folosesc combustibili superiori (păcură, gaze naturale). Atunci cînd se folosesc combustibili gazoși inferiori (bigaz, gaz de generator, gaz de de furnal), raportul fiind mai mic și gazele de ardere evacuate din recuperator avînd o temperatură mai ridicată, se impune amplasarea în serie a unui alt recuperator pentru preîncălzit combustibilul gazos, obținîndu-se astfel în continuare răcirea gazelor de ardere și creșterea randamentului termic al cuptorului. De multe ori, în asemenea cazuri, preîncălzirea combustibilului gazos apare ca o condiție pentru obținerea nivelului de temperaturi necesar desfășurării normale a procesului tehnologic.

Calculînd valorile lui Ω pentru $n_e = n = 1{,}5$, față de cazul $n = n_e = 1{,}05$, se constată că :

— pentru același combustibil și temperaturi t_e, raportul Ω are o valoare mai mare ca urmare a creșterii cantității de căldură introdusă în focar, datorită aerului preîncălzit ;

— la aceeași dependență $t_p = kt_e$, unde k este o constantă, diferențele pentru valorile lui Ω sînt mai mici, în funcție de natura combustibilului.

Astfel, pentru $t_p = 0{,}3\ t_e$ și $t_e = 400 \ldots 1200°C$, la bigaz $\Omega = 0{,}186 \ldots 0{,}202$, iar la păcură $\Omega = 0{,}25 \ldots 0{,}265$, în timp ce pentru $t_p = t_e$ și $t_e = 400 \ldots 1200°C$, la bigaz $\Omega = 0{,}68 \ldots 0{,}695$, iar la păcură $\Omega = 0{,}9 \ldots 0{,}913$. Trebuie remarcat însă că, atunci cînd nu se aspiră aer fals în cuptor, influența creșterii coeficientului n asupra raportului Ω este relativ mică.

În practică, asemenea situații se întîlnesc mai rar, deoarece creșterea excesului de aer peste valoarea care asigură arderea completă poate fi dictată numai de necesitatea scăderii temperaturii flăcării, pentru a nu periclita buna desfășurare a procesului tehnologic. De multe ori, în asemenea cazuri se renunță la scăderea temperaturii flăcării, prin creșterea excesului

de aer pentru ardere, care poate conduce la avantaje importante.

Situaţia se schimbă esenţial, conducînd la micşorarea sensibilă a raportului Ω, cînd se aspiră aer fals în cuptor, adică $n_e > n$.

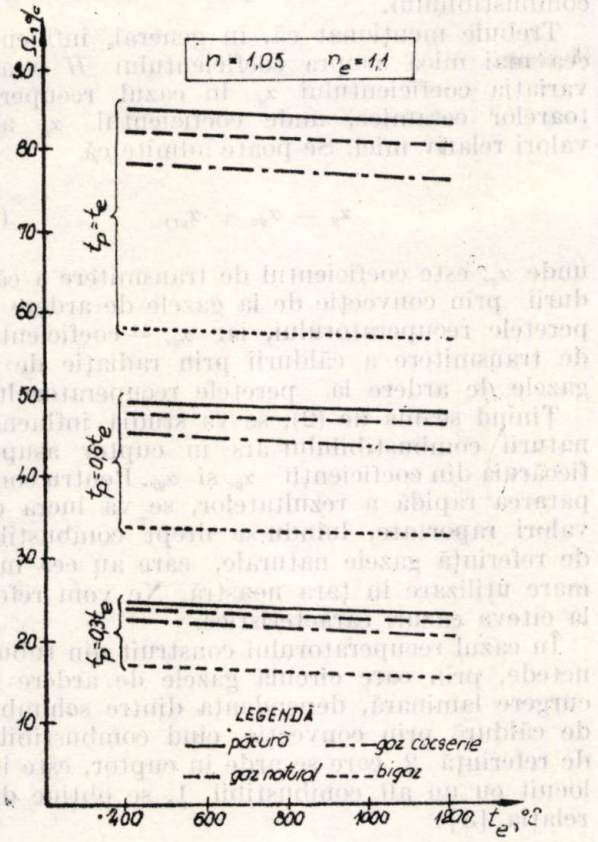


Fig. 2. Dependenţa lui Ω de variaţia temperaturilor t_e şi t_p pentru $n = 1{,}05$ şi $n_e = 1{,}1$.

În figura 2 se prezintă cazul în care aspiraţia de aer fals este redusă, astfel încît influenţa acesteia este mică, iar în figura 3 se dă cazul în care acest fenomen dăunător are importanţă. Această importanţă devine cu atît mai mare cu cît diferenţa dintre temperaturile t_p şi t_e este mai mică.

Astfel, cînd $n = 1{,}05$, respectiv $n_e = 1{,}1$, pentru $t_p = 0{,}3\ t_e$ şi $t_e = 400 \ldots 1200$°C, la bigaz $\Omega = 0{,}15 \ldots 0{,}17$, iar la păcură $\Omega = 0{,}23 \ldots 0{,}24$, în timp ce la $n = 1{,}05$, respectiv $n_e = 1{,}5$, tot pentru $t_p = 0{,}3\ t_e$ şi $t_e = 400 \ldots 1200$°C, la bigaz $\Omega = 0{,}125 \ldots 0{,}138$, iar la păcură $\Omega = 0{,}175 \ldots 0{,}187$.

Atunci cînd $n = 1{,}05$, respectiv $n_e = 1{,}1$, pentru $t_p = 0{,}6\ t_e$ şi $t_e = 400 \ldots 1200$°C, la bigaz $\Omega = 0{,}325 \ldots 0{,}337$, iar la păcură $\Omega = 0{,}475 \ldots 0{,}49$, în timp ce la $n = 1{,}05$, respectiv $n_e = 1{,}5$, tot pentru $t_p = 0{,}6\ t_e$ şi $t_e = 400 \ldots 1200$°C, la bigaz $\Omega = 0{,}255 \ldots 0{,}277$, iar la păcură $\Omega = 0{,}362 \ldots 0{,}37$.

Trebuie adăugat că aspiraţia de aer fals, pe lîngă faptul că micşorează gradul de recuperare Ω, micşorînd şi temperatura gazelor de ardere la intrarea în recuperator, înrăutăţeşte transferul de căldură, ceea ce este un dezavantaj în plus pentru recuperarea căldurii.

La cuptoarele care se dotează cu recuperatoare, obţinerea unei anumite temperaturi de preîncălzire t_p presupune realizarea unor recuperatoare în concordanţă cu posibilităţile de transfer de căldură a gazelor rezultate din arderea combustibililor respectivi [6].

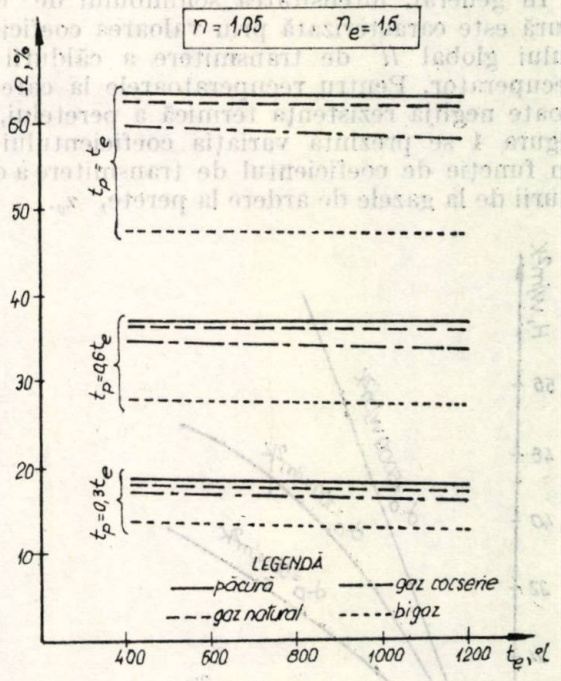


Fig. 3. Dependenţa lui Ω de variaţia temperaturilor t_p şi t pentru $n = 1{,}5$.

Cînd se compară valorile gradului de recuperare Ω pentru un cuptor cu recuperator, atunci cînd i se schimbă combustibilul cu care funcţionează, se impune să fie îndeplinite două condiţii:

— caracteristicile noului combustibil şi aerul de ardere preîncălzit să asigure nivelul de temperaturi cerut de desfăşurarea optimă a procesului tehnologic;

— productivitatea cuptorului să fie cel puţin egală cu cea de la funcţionarea cu vechiul combustibil.

Cînd nu este impusă de procesul tehnologic, valoarea temperaturii de evacuare din cuptor, t_e, este determinată de modul cum se efectuează schimbul de căldură în spaţiul de lucru [8], [9].

Aşa-numita „forţare" a funcţionării cuptorului prin arderea de combustibil suplimentar pentru creşterea vitezei de încălzire este dezavantajoasă, micşorînd gradul de recuperare Ω, deoarece t_e creşte mai repede decît t_p.

Prezentarea făcută anterior a evidenţiat posibilitatea potenţială de recuperare a căldurii gazelor de ardere evacuate, în funcţie de caracteristicile combustibililor arşi. La cuptoarele noi, economicitatea soluţiei de recuperare

pentru a se obține o anumită valoare a gradului de recuperare Ω depinde de transmiterea căldurii în recuperatoare, care determină căldura recuperată, respectiv parametrii aerului preîncălzit.

3. Influența caracteristicilor combustibililor asupra transferului de căldură în recuperator

În general, intensitatea schimbului de căldură este caracterizată prin valoarea coeficientului global H de transmitere a căldurii în recuperator. Pentru recuperatoarele la care se poate neglija rezistența termică a peretelui, în figura 4 se prezintă variația coeficientului H în funcție de coeficientul de transmitere a căldurii de la gazele de ardere la perete, α_g.

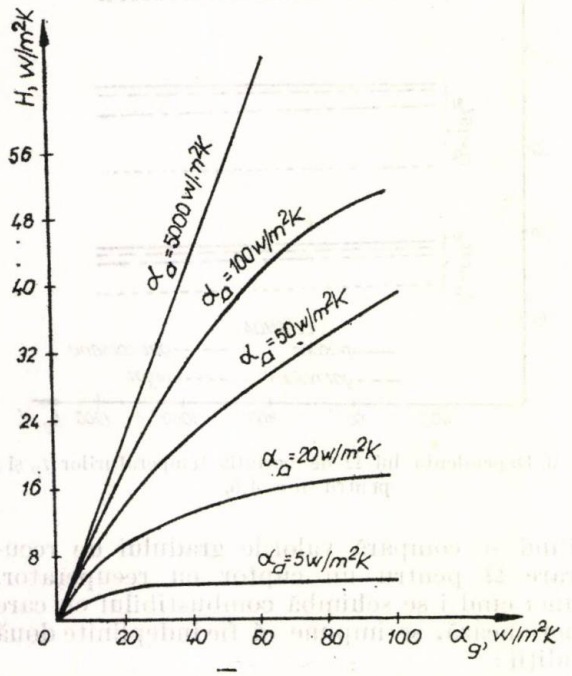


Fig. 4. Variația coeficientului global H în funcție de coeficientul α_g pentru cîteva valori ale coeficientului α_a.

Cu α_a s-a notat coeficientul de transmitere a căldurii de la peretele recuperatorului la aer. Rezultă astfel că variația coeficientului α_g, care poate apărea datorită schimbării combustibilului ars în cuptor, influențează cu atît mai mult coeficientul H cu cît coeficientul α_g are o valoare mai mică, iar coeficientul α_a are o valoare mai mare. Valori mici pentru coeficientul α_g se întîlnesc în special la recuperatoarele metalice convective care funcționează cu tiraj natural. Chiar în cazul în care coeficientul α_g are o valoare ridicată (de exemplu la recuperatoarele prin radiație), dacă α_a are o valoare relativ mare, variația coeficientului α_g poate influența sensibil coeficientul H. Valori mari pentru α_a se întîlnesc în practică atunci cînd, pentru a micșora temperatura peretelui în vederea utilizării unor materiale mai ieftine, se folosesc viteze ridicate de circulație a aerului. Valori mult mai mari pentru α_a, comparativ cu α_g, se obțin la schimbătoarele de căldură folosite la recuperarea secundară a căldurii, care poate fi influențată sensibil de schimbarea combustibilului.

Trebuie menționat că, în general, influența cea mai mică asupra coeficientului H o are variația coeficientului α_g în cazul recuperatoarelor ceramice, unde coeficientul α_a are valori relativ mici. Se poate admite că

$$\alpha_g = \alpha_{gc} + \alpha_{gr}, \tag{2}$$

unde α_{gc} este coeficientul de transmitere a căldurii prin convecție de la gazele de ardere la peretele recuperatorului, iar α_{gr} — coeficientul de transmitere a căldurii prin radiație de la gazele de ardere la peretele recuperatorului.

Ținînd seama de (2), se va studia influența naturii combustibilului ars în cuptor asupra fiecăruia din coeficienții α_{gc} și α_{gr}. Pentru compararea rapidă a rezultatelor, se va lucra cu valori raportate, luîndu-se drept combustibil de referință gazele naturale, care au cea mai mare utilizare în țara noastră. Ne vom referi la cîteva cazuri caracteristice.

În cazul recuperatorului construit din tuburi netede, prin care circulă gazele de ardere în curgere laminară, dependența dintre schimbul de căldură prin convecție, cînd combustibilul de referință 2, care se arde în cuptor, este înlocuit cu un alt combustibil, 1, se obține din relația [3]:

$$\frac{\mathrm{Nu}_{f1}}{\mathrm{Nu}_{f2}} = \left(\frac{\mathrm{Re}_{f1}}{\mathrm{Re}_{f2}}\right)^{0,33} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{f1}}{\mathrm{Pr}_{f2}}\right)^{0,43} \cdot \left(\frac{\mathrm{Gr}_{f1}}{\mathrm{Gr}_{f2}}\right)^{0,1} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{f1}\mathrm{Pr}_{p1}}{\mathrm{Pr}_{f2}\mathrm{Pr}_{p1}}\right)^{0,25}, \tag{3}$$

unde Nu_f, Re_f, Pr_f sînt criteriile de similitudine Nusselt, Reynolds și Prandt, la temperatura gazelor de ardere, iar Pr_p este criteriul de similitudine Prandt la temperatura peretelui. Indicele 1 se referă la noul combustibil care înlocuiește combustibilul de referință, notat cu indicele 2.

Ținînd seamă de expresiile criteriilor Nu, Re și Pr și neglijînd influența parametrilor neesențiali, se deduce că

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^{0,33} \cdot A_1, \tag{4}$$

unde

$$A_1 = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{0,57} \left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)^{0,1} \left(\frac{C_{p1}\gamma_1}{C_{p2}\gamma_2}\right)^{0,43} \tag{5}$$

Mărimile w, λ, ν, c_p și γ sînt caracteristicile gazelor de ardere: viteza de scurgere, conductibilitatea termică, viscozitatea cinematică, căldura specifică medie și greutatea specifică.

Se ține seamă că

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{B_1 V_{g1}}{B_2 V_{g2}} = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot \frac{V_{g1} P_{ci2}}{V_{g2} P_{ci1}}, \quad (6)$$

unde

$$V_{g1} = V_{g01} + (n_e - 1) V_{01} \quad (7)$$

$$V_{g2} = V_{g02} + (n_e - 1) V_{02}, \quad (8)$$

unde

B este consumul orar de combustibil al cuptorului;

Q — consumul orar de căldură al cuptorului;

P_{ci} — puterea calorică inferioară a combustibilului ars în cuptor.

Ținînd seamă de relația (6), relația (4) devine:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,33} \cdot A_2, \quad (9)$$

unde

$$A_2 = \left[\frac{V_{g01} + (n_e - 1)V_{01}}{V_{g02} + (n_e - 1)V_{02}} \cdot \frac{P_{ci2}}{P_{ci1}}\right]^{0,33} \cdot A_1 \quad (10)$$

Din relația (4) remarcăm că $\alpha_{gc1} = \alpha_{gc2} \cdot A_2$ dacă $w_1 = w_2$, adică în ipoteza că prin schimbarea combustibilului nu se modifică debitul gazelor de ardere care intră în recuperator. Această ipoteză este foarte greu de realizat în practică.

În baza relației (9) rezultă că $\alpha_{gc1} = \alpha_{gc2} \cdot A_2$ dacă $Q_2 = Q_1$, adică atunci cînd prin schimbarea combustibilului consumul de căldură al cuptorului se menține constant. Această ipoteză este frecvent folosită în calculele tehnice, fiind apropiată de realitate în numeroase cazuri. Menționăm că la aceeași productivitate, consumul de căldură al cuptorului este funcție în special de transferul de căldură de la gazele de ardere la șarjă, care depinde într-o măsură mai mare sau mai mică de natura combustibilului ars.

Dacă prin același recuperator, ca în cazul anterior, gazele de ardere se scurg în regim turbulent, dependența dintre schimbul de căldură prin convecție la funcționarea pe combustibilul 1 și combustibilul 2 este dată de relația [7]:

$$\frac{\mathrm{Nu}_{f1}}{\mathrm{Nu}_{f2}} = \left(\frac{\mathrm{Re}_{f1}}{\mathrm{Re}_{f2}}\right)^{0,8} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{f1}}{\mathrm{Pr}_{f2}}\right)^{0,4} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{f1}\mathrm{Pr}_{p2}}{\mathrm{Pr}_{f2}\mathrm{Pr}_{p1}}\right)^{0,25} \quad (11)$$

Ținînd seama de expresiile criteriilor Nu, Re și Pr, printr-o serie de transformări similare celor de la scurgerea în regim laminar, se deduce că

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^{0,8} \cdot A_1', \quad (12)$$

unde

$$A_1' = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{0,6} \left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^{0,4} \left(\frac{C_{p1}\gamma_1}{C_{p2}\gamma_2}\right)^{0,4} \quad (13)$$

sau

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,8} A_2', \quad (14)$$

unde

$$A_2' = \left[\frac{P_{ci2}}{P_{ci1}} \cdot \frac{V_{g01} + (n_e - 1)V_{01}}{V_{g02} + (n_e - 1)V_{02}}\right]^{0,8} \cdot A_1' \quad (15)$$

Dacă recuperatorul este construit din țevi dispuse în eșichier, scăldate transversal de gazele de ardere ce se scurg în regim turbulent, în mod similar se poate obține raportul dintre coeficienții de transmitere a căldurii prin convecție pentru funcționarea cu gaze provenite din arderea combustibililor 1 și 2, conform relației:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{w_1}{w_2}\right)^{0,6} \cdot A_1'', \quad (16)$$

unde

$$A_1'' = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)^{0,67} \left(\frac{\nu_2}{\nu_1}\right)^{0,27} \left(\frac{C_{p1}\gamma_1}{C_{p2}\gamma_2}\right)^{0,33} \quad (17)$$

Ținînd seamă de (6) și (17), relația (16) devine:

$$\frac{\alpha_{gc1}}{\alpha_{gc2}} = \left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,6} \cdot A_2'' \quad (18)$$

unde

$$A_2'' = A_1'' \left[\frac{P_{ci2}}{P_{ci1}} \cdot \frac{V_{g01} + (n_e - 1)V_{01}}{V_{g02} + (n_e - 1)V_{02}}\right]^{0,6} \quad (19)$$

Remarcăm faptul că A_1, A_1', A_1'' sînt mărimi care țin seama numai de caracteristicile fizice ale gazelor rezultate din arderea combustibilului, în timp ce mărimile A_2, A_2', A_2'' introduc în plus și influența nemijlocită a caracteristicilor combustibilului.

În figura 5 se prezintă variația mărimilor A_1, A_1', A_1'' în funcție de temperatura medie a gazelor de ardere t_{gm} pe porțiunea din recuperator considerată cînd indicele 2 se referă la gaze naturale, iar indicele 1 se referă la păcură, gaz de cocserie și bigaz.

Din graficele trasate în figura 6 rezultă că diferențele cele mai sensibile apar la înlocuirea gazelor naturale cu păcură, prezentînd următoarele particularități:

— în scurgerea laminară, înlocuirea gazelor naturale cu păcură determină totdeauna înrăutățirea transmiterii de căldură prin convecție;

— în scurgerea turbulentă, înrăutățirea schimbului de căldură convectiv apare de la o anu-

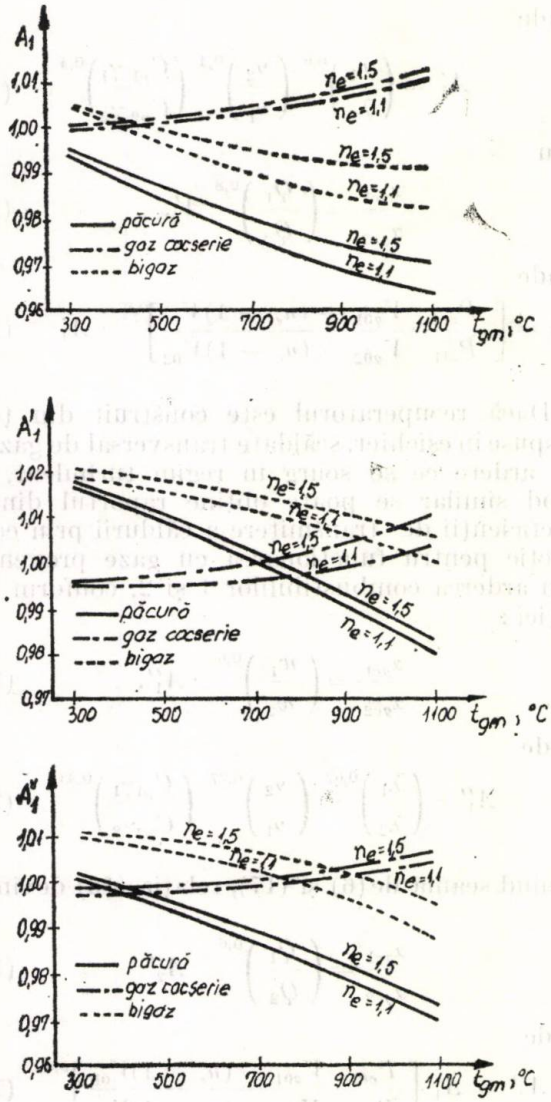


Fig. 5. Variația mărimilor A_1, A_1', A_1'' în funcție de temperatura t_{gm}, combustibilul de referință fiind gazul natural.

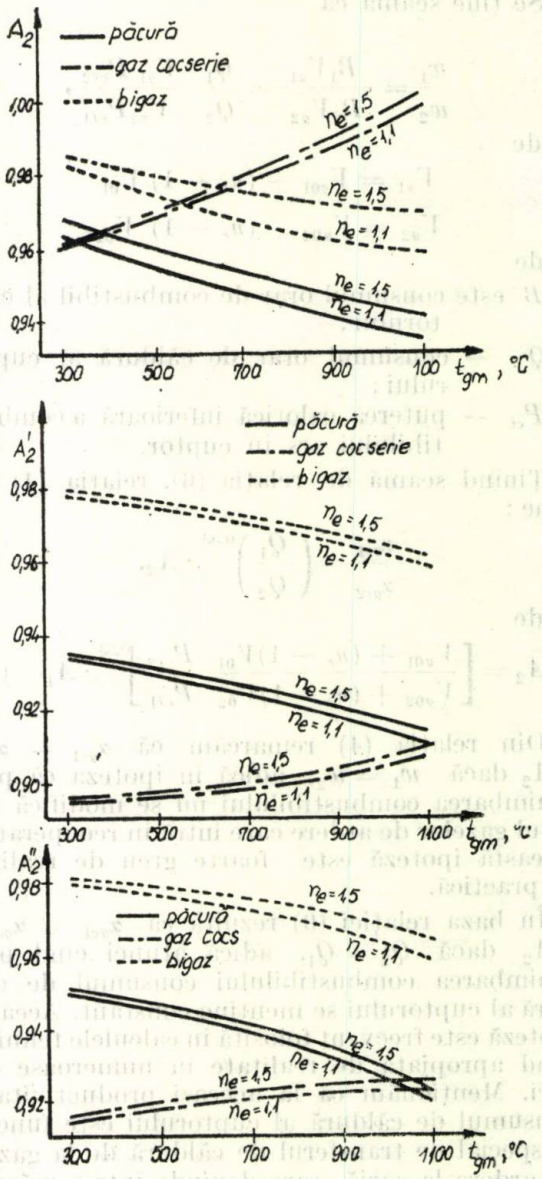


Fig. 6. Variația mărimilor A_2, A_2', A_2'' funcție de temperatura t_{gm}, combustibilul de referință fiind gazul natural.

mită temperatură t_{gm}, pînă la care diferențele sînt neglijabile ;

— creșterea excesului de aer pentru ardere micșorează diferențele menționate.

Remarcăm faptul că prin folosirea bigazului și în special a gazului de cocserie se poate îmbunătăți schimbul de căldură convectiv. Trebuie însă accentuat că diferențele care apar pentru $t_{gm} = 300 \ldots 1100$°C sînt relativ mici, nedepășind 4% din valoarea coeficientului de transmitere a căldurii prin convecție, α_{gc}, la folosirea gazelor naturale. În consecință, prin îndeplinirea condiției $w_1 = w_2$ la recuperatoarele convective, schimbarea combustibilului ars în cuptor are o influență redusă asupra caracteristicilor aerului preîncălzit dacă suprafața de încălzire a recuperatorului este bine curățată de eventualele depuneri.

Studiul variației cu temperatura t_{gm} a mărimilor A_2, A_2', A_2'' arată că în ipoteza $Q_1 = Q_2$ influența caracteristicilor combustibilului ars în cuptor asupra coeficientului α_{gc} poate avea o importanță mult mai mare decît în cazul prezentat.

Din figura 6 se poate deduce că, pentru transmiterea căldurii prin convecție, cea mai avantajoasă este folosirea gazelor naturale, care totdeauna determină obținerea unui coeficient α_{gc} mai mare.

Diferențele cele mai mari, care pot ajunge pînă la 10% din α_{gc}, apar la :

— scurgerea turbulentă în cazul gazului de cocserie, scăzînd odată cu temperatura t_{gm} ;

— scurgerea laminară cînd se arde păcură, crescînd odată cu temperatura t_{gm}.

Diferențele cele mai mici se remarcă la scurgerea laminară cînd se folosește gaz de cocserie și la scurgerea turbulentă cînd se arde bigaz.

Diferențele menționate anterior se micșorează odată cu creșterea excesului de aer din gazele de ardere și a temperaturii t_{gm}.

În figura 7 se prezintă variația mărimilor A_1, A_1', A_1'', A_2, A_2',A_2'' în funcție de temperatura t_{gm} cînd indicele 2 se referă la metan, iar indicele 1 se referă la hidrogen. În mod similar cu cazul anterior, rezultă că influența

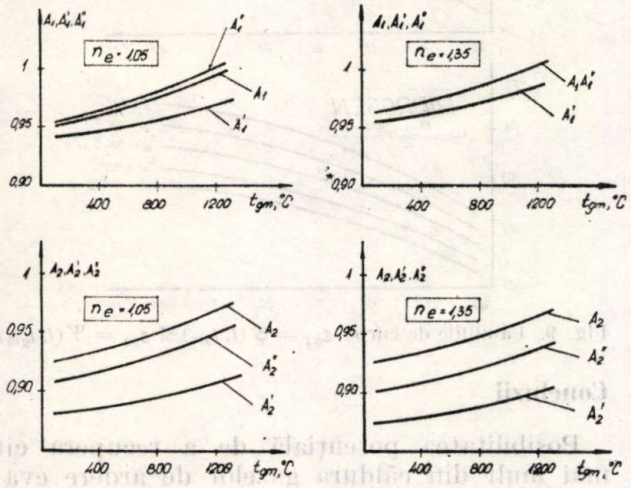


Fig. 7. Variația mărimilor A_1, A_1', A_1'', A_2, A_2', A_2'' cu t_{gm} la arderea hidrogenului.

schimbării metanului cu hidrogenul este mai mare asupra mărimilor A_2, A_2', A_2'' decît asupra mărimilor A_1, A_1', A_2''. Comparativ cu situațiile analizate anterior, apare o diminuare mai accentuată a transferului de căldură prin convecție, ajungînd pînă la circa 12%.

La calculul recuperatoarelor, în cazul unei diferențe sensibile între temperaturile absolute ale gazelor de ardere T_g și peretelui T_p, coeficientul de transmitere a căldurii se obține cu relația [10]:

$$\alpha_{gr} = \frac{0{,}5(1+\varepsilon_p)C_0}{T_g - T_p}\left[\varepsilon_g\left(\frac{T_g}{100}\right)^4 - a_g\left(\frac{T_p}{100}\right)^4\right], \quad (20)$$

unde

a_g este coeficientul de absorbție al gazelor de ardere;

ε_p — coeficientul de negreală al peretelui recuperatorului la temperatura T_p;

ε_g — coeficientul de negreală al gazelor de ardere iar,

$C_0 = 4{,}96$ kcal/m².h.°K⁴.

Cînd diferența dintre temperaturile T_p și T_g este redusă, în cazul recuperatoarelor ceramice, se folosește relația:

$$\alpha_{gr} = \frac{4\sigma}{100}\left(\frac{T_g}{100}\right)^3, \quad (21)$$

unde

$$\sigma = \frac{4{,}96}{\frac{1}{\varepsilon_g} + \frac{1}{\varepsilon_p} - 1} \quad (22)$$

Admițind că prin schimbarea combustibilului temperatura T_p se modifică puțin, din relațiile (20) și (21) rezultă că pentru recuperatorul a cărui comportare se compară la funcționarea cu gaze avînd aceeași temperatură, dar care provin din arderea a doi combustibili diferiți, se poate admite

$$\frac{\alpha_{gr1}}{\alpha_{gr2}} \cong \frac{\varepsilon_{g1}}{\varepsilon_{g2}} \quad (23)$$

Mărimile ε_{g1} și ε_{g2} reprezintă coeficienții de negreală ai gazelor de ardere pentru primul și al doilea combustibil. De aceea, în cele ce urmează, se va preciza variația mărimii ε_g în funcție de natura combustibilului ars. S-a făcut ipoteza că influența particulelor de funingine din gazele de ardere este neglijabilă; astfel, s-a luat în considerație numai „radiația neluminoasă", adică radiația componenților CO_2 și H_2O.

Figura 8 prezintă curbele de variație ale mărimii ε_g în funcție de temperatura t_{gm} pentru trei valori ale grosimii efective a stratului gazos l și combustibilii prezentați anterior pentru cazul arderii complete la coeficientul excesului de aer $n_e = 1{,}1$.

Se poate constata că ε_g se micșorează odată cu scăderea parametrului l și creșterea temperaturii t_{gm}. Pentru aceeași temperatură t_{gm} și grosime l, ε_g are valorile cele mai scăzute la utilizarea păcurii și valorile cele mai ridicate la utilizarea gazului de cocserie.

Diferențele dintre valorile coeficientului ε_g date de natura combustibilului se micșorează odată cu creșterea temperaturii t_{gm}. De exemplu, pentru $t_{gm} = 1100$°C, respectiv $l = 0{,}5$ m, la păcură $\varepsilon_g = 0{,}148$ și la gaz de cocserie $\varepsilon_g = 0{,}175$, iar la $t_{gm} = 500$°C, respectiv $l = 0{,}5$ m, la păcură $\varepsilon_g = 0{,}207$ și la gaz de cocserie $\varepsilon_g = 0{,}27$. În cazurile menționate, înlocuirea păcurii cu gazele naturale conduce la creșterea radiației invizibile cu 15% pînă la 21%. În practică se constată însă că, întrucît gazele provenite din arderea păcurii conțin și particule de funingine în suspensie, radiația totală a produselor arderii este puțin diferită de a gazelor rezultate din arderea gazului natural.

Trebuie însă adăugat că „murdărirea" suprafeței de schimb de căldură datorită suspensiei din gazele provenite de la arderea păcurii menține diferențe la ordinul de mărime precizat anterior, în favoarea arderii gazului natural. De aceea, în general, trecerea de la gazul na-

tural la funcționarea cu păcură micșorează temperatura de preîncălzire a aerului de ardere.

Calculînd coeficientul ε_g pentru arderea combustibililor la coeficientul excesului de aer $n_e = 1,5$, se poate constata că, deși sînt valabile aceleași concluzii generale ca mai sus, creșterea excesului de aer din gazele de ardere micșorează sensibil factorul ε_g. Astfel, pentru gazul de cocserie, la $l = 0,5$ m și $t_{gm} = 1100$°C, rezultă $\varepsilon_g = 0,156$, iar dacă se micșorează temperatura gazelor de ardere la $t_{gm} = 500$°C se obține $\varepsilon_g = 0,227$, ceea ce marchează o scădere de 12—15% față de cazul anterior.

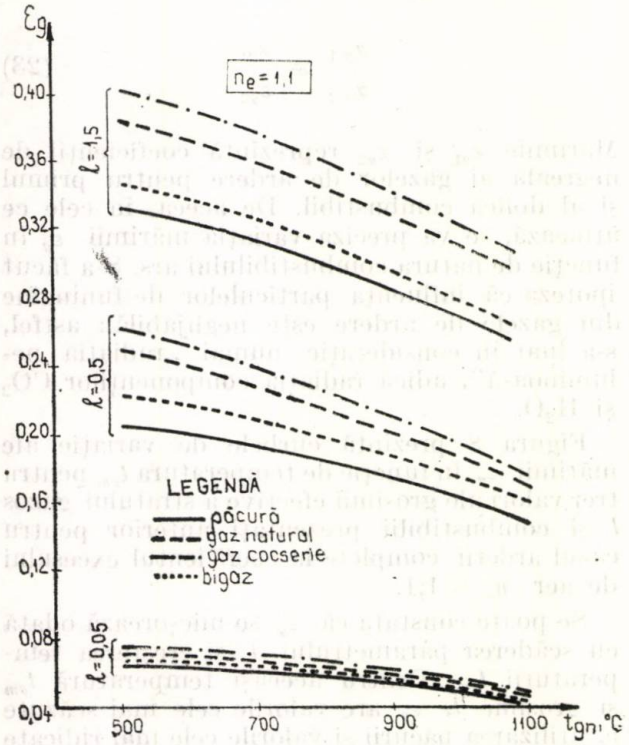


Fig. 8. Variația ε_g funcție de tempeatura t_{gm} și grosimea l pentru $n_e = 1,1$.

În figura 9 se prezintă familiile de curbe $\varepsilon_{g1} = \varphi\ (l, t_{gm})$ și $\varepsilon_{g2} = \Psi(l, t_{gm})$ pentru arderea hidrogenului, respectiv metanului la $n_e = 1,05$.

Din acest grafic rezultă că ε_g :

— crește odată cu mărirea grosimii efective l, pentru aceeași temperatură t_{gm} ;

— creșterea menționată devine mai lentă cînd l tinde către o valoare mai mare ;

— se mărește odată cu scăderea temperaturii t_{gm} pentru l constant.

Se constată că $\varepsilon_{g1} < \varepsilon_{g2}$, dar diferențele care apar sînt relativ mici. În cazul cel mai defavorabil ($l = 3,5$ m, $t_{gm} = 500$°C) rezultă $\varepsilon_{g2} = 0,524$ și $\varepsilon_{g1} = 0,453$, adică apare o scădere $\Delta\varepsilon = 13,6\%$ în defavoarea hidrogenului, comparativ cu arderea metanului. Pentru grosimi mici ale stratului gazos ($l = 0,5$ m, $t_{gm} = 500$°C), diferența maximă este $\Delta\varepsilon = 2,2\%$ între ε_{g2} și ε_{g1}.

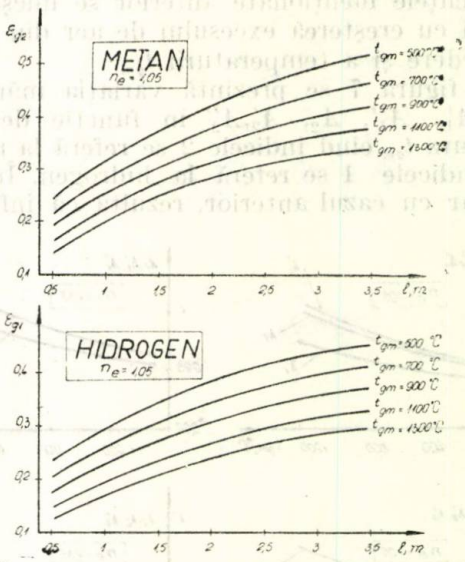


Fig. 9. Familiile de curbe $\varepsilon_{g1} = \varphi\ (l, t_{gm})$ și $\varepsilon_{g2} = \Psi(l, t_{gm})$.

Concluzii

Posibilitatea potențială de a recupera cît mai mult din căldura gazelor de ardere evacuate din cuptoare, pentru preîncălzirea aerului de ardere o oferă combustibilii superiori.

Atunci cînd se folosesc combustibili gazoși inferiori, ca bigaz, gaz de generator etc., gradul de recuperare a căldurii, Ω, fiind mai mic, este favorabilă amplasarea în serie a preîncălzitorului de aer cu preîncălzitorul de combustibil.

În variantele comparate, Ω a fost determinat pentru aceeași temperatură t_p. S-a considerat că temperatura t_e este o dată invariabilă impusă de desfășurarea optimă a procesului tehnologic.

Economicitatea soluției de recuperare pentru a se obține o anumită valoare a raportului Ω este determinată de transmiterea căldurii în recuperatoare. În cazul cuptoarelor în exploatare dotate cu recuperatoare, tot caracteristicile transmiterii căldurii determină căldura recuperată, respectiv parametrii aerului preîncălzit. Schimbarea combustibilului cu care funcționează un asemenea cuptor poate schimba, de la caz la caz, căldura recuperată și temperatura aerului preîncălzit, deoarece prin aceasta se modifică debitul și compoziția gazelor care cedează căldura în cuptor.

În ipoteza consumului de căldură constant, pentru transmiterea căldurii prin convecție este cea mai avantajoasă folosirea gazului natural față de păcură, bigaz, gaz de cocserie și hidrogen.

Pentru transmiterea căldurii prin radiația neluminoasă, cea mai avantajoasă soluție este folosirea gazului de cocserie și cea mai dezavantajoasă este utilizarea păcurii. Deși radiația particulelor de funingine din gazele provenite

de la arderea păcurii mărește radiația totală, se constată că, datorită valorii scăzute a radiației neluminoase și murdăririi suprafețelor de încălzire, se obține micșorarea temperaturii de preîncălzire a aerului față de funcționarea cu gaz natural. În general, schimbarea combustibilului are cea mai mică influență asupra recuperării căldurii la cuptoarele dotate cu recuperatoare ceramice, deoarece coeficientul de transmitere a căldurii este mult mai mic de la perete la aer ca de la gaze la perete. O situație contrară se obține la recuperatoarele convective funcționînd cu tiraj natural, la care, din diferite motive, se mărește excesiv viteza de circulație a aerului. În aceste condiții, recuperarea secundară a căldurii este cel mai mult dezavantajată prin trecerea de la metan la celelalți combustibili menționați, deoarece $\alpha_a \gg \alpha_g$.

Bibliografie

[1] Ghia, V. V. și Cristea, E. D. *Instalație pentru pentru arderea unor deșeuri poluante, lichide, din industria chimică.* Comunicare la a VI-a sesiune de comunicări tehnico-științifice a ICSITEEMR, 1979.

[2] Braun, M. *L'électrolyse de l'eau. Nouvelles perspectives pour la production d'hydrogène.* În: Journal des Ingénieurs, 27, nr. 3, 1978, p. 13—17.

[3] Ghia, V. V. *Echange de chaleur utile dans les fours à combustion de l'hydrogène.* În: Rev. Roum. Sci. Techn. Électrotechn. et Energ., 25, nr. 3, 1979.

[4] Hold, J. *Is hydrogen a safe fuel?* În: Int. Jour. Hydrogen Energy, 3, nr. 2. 1978, p. 157—175.

[5] Blieck, R. *Applications domestiques et collectives de l'hydrogène.* În: Revue Générale du Gaz, nr. 1, 1977, p. 4—9.

[6] Ghia, V. V. *Récupérateurs et régénérateurs de chaleur.* Eyrolles, Paris, 1975.

[7] Miheev N. A. *Osnovi teploperedaci.* Gosenergoizdat, Moscova, 1956.

[8] Ghia, V. V. și Grecov, D. *Schimbarea combustibilului gazos la cuptoarele metalurgice.* În: St. cerc energ., nr. 4, p 1961, 639—652.

[9] Wu, H. L. *Comparison of the performance of natural gas and oil flames in a cylindrical furnace.* În: J. Fuel, nr. 42, 1969, p. 316—332.

[10] * * * Teplotehniceskii spravocinik. Tom 2, Energhiia, Moscova, 1976.

(Articol intrat în redacție la 31 ianuarie 1980)

Creșterea indicelui de termoficare, metodă eficientă de economisire a combustibilului în CET

Dr. ing. **L. Oancea** *)

Ampla dezvoltare a termoficării în țara noastră, ca și în alte țări avansate energetic, se datorește în primul rînd economiei de combustibil obținută la producerea combinată a energiei electrice și căldurii, ca urmare a reducerii sau eliminării pierderii principale a ciclului — evacuarea căldurii în condensator.

Centralele de termoficare sînt echipate cu turbine cu condensație și prize reglabile și turbine cu contrapresiune, avînd puteri și caracteristici diferite pentru acoperirea necesarului de căldură eterogen al diverselor zone de consum.

Turbinele de termoficare pot să funcționeze după graficul termic, producînd energie electrică în regim de termoficare în funcție de consumul de căldură, sau după graficul electric, producînd și o cantitate de energie electrică în partea de condensație, conform cerințelor sistemului energetic.

În toate cazurile, funcționarea economică a CET este influențată direct de valoarea indicelui de termoficare (Y_p), adică de raportul dintre cantitatea de energie electrică în regim de termoficare (E_T) și cantitatea de căldură livrată din turbine (Q_p).

$$Y_p = \frac{E_T}{Q_p} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kJ}}\right] \text{ sau } \left[\frac{\text{kWh}}{\text{Gcal}}\right] \qquad (1)$$

În cele ce urmează se va analiza influența indicelui de termoficare asupra economiei de combustibil realizabilă prin termoficare și se vor indica unele posibilități de mărire a cantității de energie electrică aferentă unui consum termic dat.

Se va considera cazul centralelor de termoficare construite, avînd anumită echipare și anumite caracteristici ale sarcinii termice livrate.

1. Influența indicelui de termoficare asupra economiei de combustibil realizabilă prin termoficare

Comparativ cu producerea separată a energiei electrice și a căldurii, economia de combustibil care se poate obține prin termoficare este dată în principal de randamentul superior al ciclului producției combinate și de concentrarea producerii căldurii în mari CET.

Influența indicelui de termoficare se poate pune în evidență scriind relația economiei de combustibil realizabilă prin termoficare la ni-

*) Dr. ing. Laurențiu Oancea lucrează la Întreprinderea Electrocentrale Ploiești.

velul sistemului energetic sub următoarea formă simplificată :

$$\Delta B = \Sigma Y_{pi} Q_{pi} (q_{CTE} - q_T) - \\ -(E - \Sigma Y_{pi} Q_{pi}) (q_K - q_{CTE}) \quad (2)$$

în care :

Q_{pi} este căldura livrată din turbine la parametrii i ;

Y_{pi} — indicele de termoficare aferent parametrilor i ;

E — energia electrică totală produsă de CET ;

$\Sigma Y_{pi} Q_{pi} = E_T$ — energia electrică produsă în termoficare ;

$E - E_T = E_K$ — energia electrică produsă în regim de condensație în CET ;

q_{CTE} — consumul specific net de combustibil — de echivalare al marilor centrale de condensație din sistem ;

q_T — consumul specific net pentru producerea energiei electrice în termoficare ;

q_K — consumul specific net pentru producerea energiei electrice în regim de condensație la CET.

S-a neglijat influența pierderilor electrice și a efectului concentrării producerii căldurii dat de diferența între randamentul cazanelor din CET (η_c) și al rețelei de transport (η_{rt}), față de randamentul centralelor termice (η_{CT}), considerînd $\eta_c \cdot \eta_{rt} = \eta_{CT}$.

Relația (2) arată că economia de combustibil este dată de energia electrică produsă în termoficare, datorită diferenței importante între consumurile specifice q_{CTE} și q_T, care atinge valori de 1,15—1,4 kJ/kJ (1000—1200 kcal/kWh).

Întrucît diferențele de consumuri specifice din relația (2) pot fi considerate constante în această analiză, se constată că pentru un consum termic dat majorarea economiei de combustibil se poate obține numai prin creșterea indicelui de termoficare, care mărește primul termen al relației și-l micșorează pe cel de-al doilea.

Se remarcă efectul diminuant al economiei de combustibil dat de energia electrică produsă în partea de condensație a grupurilor de termoficare, datorită consumului specific mai mare al acestora față de marile blocuri de condensație din sistem. Diferența de consum $q_K - q_{CTE}$, deși în scădere, are valori de 0,3—0,55 kJ/kJ (250—500 kcal/kWh). Rezultă că partea de condensație a centralelor de termoficare trebuie utilizată numai în cazuri bine justificate de lipsă a puterii în sistemul energetic, întrucît diminuează economia de combustibil realizabilă pe sistem și înrăutățește mult indicatorii de consum specific ai centralei, așa cum se va arăta în continuare.

La nivelul unei centrale de termoficare, analiza comportă unele aspecte particulare :

— CET livrează consumatorilor termici o cantitate planificată de căldură și în sistemul energetic o cantitate de energie electrică, la dispoziția dispecerului, intervenind ca rezervă turnantă operativă.

Consumul specific mediu de combustibil pentru producerea energiei electrice pe centrală (q_m) se poate exprima prin una din relațiile :

$$q_m = \frac{E_T q_T + E_K q_K}{E} \quad (3)$$

$$q_m = q_K - \frac{\Sigma Y_{pi} Q_{pi}}{E} (q_K - q_T) \quad (4)$$

$$q_m = q_T + \left(1 - \frac{\Sigma Y_{pi} Q_{pi}}{E}\right) q_K - q_T) \quad (5)$$

în care

$\frac{\Sigma Y_{pi} Q_{pi}}{E} = \frac{E_T}{E} = \alpha_T$ reprezintă gradul de funcționare în regim de termoficare al CET ;

$(1 - \alpha_T) = \frac{E_K}{E} = \beta_K$ — gradul de funcționare în regim de condensație al CET.

În ipoteza unor consumuri specifice optime q_T și q_K, relațiile (3), (4) și (5) arată influența ponderii energiei electrice produsă în termoficare asupra economicității CET, constatîndu-se necesitatea măririi gradului de funcționare în termoficare α_T. Întrucît căldura livrată reprezintă o cifră planificată, care nu se poate depăși, rezultă că pentru reducerea consumului specific mediu al centralei trebuie mărit indicele de termoficare.

Întrucît diferența $q_K - q_T$ are valori foarte ridicate, 1,5 — 2,0 kJ/kJ (1300—1700 kcal/kWh), efectul negativ al gradului de funcționare în condensație β_K are o pondere mult mai importantă asupra indicatorilor de consum specific considerați la nivelul CET.

Relațiile (4) și (5) stau la baza stabilirii unei metodologii de planificare orientativă și de urmărire periodică a realizării consumului specific mediu al CET pe o anumită perioadă, putîndu-se utiliza ca instrument de lucru operativ o reprezentare grafică simplă a acestor relații, ca în figurile 1 și 2.

În funcție de regimul efectiv de funcționare și de valoarea reală a coeficienților α_T și β_K, se poate determina obiectiv efortul propriu

al centralei în îndeplinirea consumului specific de combustibil.

Depășirea valorii planificate a gradului de funcționare în condensație β_K ca urmare a

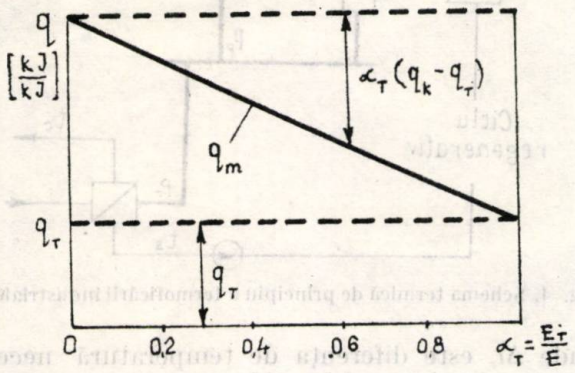


Fig. 1. Variația consumului specific de combustibil pentru producerea energiei electrice cu gradul de funcționare în termoficare a CET.

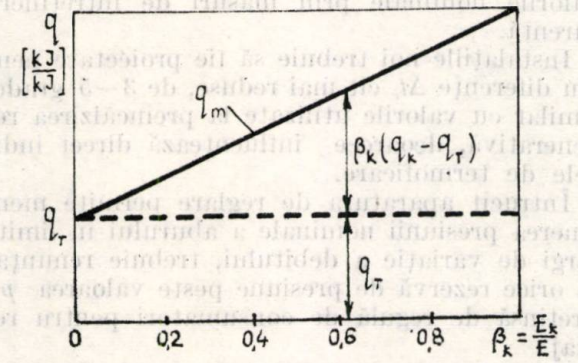


Fig. 2. Variația consumului specific de combustibil pentru producerea energiei electrice cu gradul de funcționare în condensație a CET.

cerințelor sistemului energetic, trebuie considerată o abatere obiectivă a condițiilor de funcționare față de cele preconizate, dictată de interese ale economiei naționale, iar norma de consum stabilită inițial trebuie corectată.

Din cele arătate rezultă că, pe lîngă preocuparea obținerii unor valori cît mai reduse ale consumurilor specifice q_T și q_K, pentru mărirea economiei de combustibil, trebuie luate măsuri de creștere a indicelui de termoficare pentru fiecare nivel de parametri ai căldurii livrate.

2. Măsuri pentru creșterea indicelui de termoficare

Determinarea indicelui de termoficare se poate face cu următoarea relație [1]:

$$Y_p = (1 + \beta)\frac{i_1 - i'_p}{i_p - i_{ps}}\eta_{ri} \cdot \eta_m \cdot \eta_g, \qquad (6)$$

în care:

β este un coeficient care ține seama de efectul termoficării interne aferent preîncălzirii condensatului;

i_1 — entalpia aburului la intrarea în turbină;

i'_p — entalpia aburului la finele destinderii adiabatice în turbină;

i_p — entalpia aburului la finele destinderii reale în turbină;

i_{ps} — entalpia condensatului corespunzătoare presiunii prizei sau care se întoarce de la consumator.

η_{ri}, η_m, η_g — randamentul relativ intern și randamentul mecanic al turbinei, respectiv randamentul generatorului electric.

Relația (6) indică posibilitățile de creștere a indicelui de termoficare: parametri ridicați ai aburului viu, destindere pînă la presiuni coborîte, randamente cît mai bune ale agregatelor și preîncălzire regenerativă a apei de alimentare dezvoltată, majoritatea fiind date de proiectare a instalațiilor.

Măsura asupra căreia poate acționa personalul în situația unor instalații construite se referă la găsirea căilor pentru realizarea destinderii aburului în turbină pînă la presiuni cît mai coborîte posibil, dar care să satisfacă nivelul de temperatură la care trebuie livrată căldura, problemă care se va detalia în cele ce urmează.

Centralele de termoficare livrează căldură sub formă de abur sau apă fierbinte, la diverse niveluri de parametri, în funcție de cerințele consumatorilor, dar și de posibilitățile oferite de turbinele din dotare, indicele mediu de termoficare pe CET rezultînd ca o medie ponderată a valorilor pe fiecare nivel de parametri.

În continuare se vor prezenta unele măsuri pentru creșterea indicelui de termoficare.

2.1. *Cazul livrării căldurii sub formă de abur*

2.1.1. Înlocuirea aburului livrat consumatorilor termici prin instalații de reducere-răcire (IRR), cu abur extras din prizele fixe ale turbinelor sau la ieșirea din corpul de înaltă presiune, înainte de supraîncălzirea intermediară.

Măsura se referă la aburul tehnologic cu presiune de 2—4 MPa, care se poate obține economic prin prelevare suplimentară din turbine, în paralel cu necesarul circuitului regenerativ de înaltă presiune.

La CET Brazi, analiza efectuată a arătat că aburul de 3,4 MPa produs prin IRR pentru consumatori poate fi înlocuit cu abur extras din priza fixă care alimentează ultimul preîncăl-

zitor de înaltă presiune de la turbinele R-50-130-1 sau VPT-50-3 (fig. 3).

Alimentarea de bază a consumatorului se face acum din turbină cu menținerea în paralel în rezervă caldă a IRR.

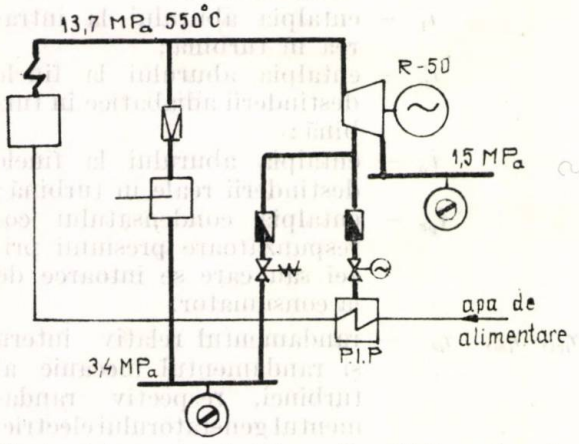


Fig. 3. Schema de principiu a alimentării cu abur de 3,4 MPa din priza fixă a turbinei R—50—130—1.

Se fac completările necesare în instalațiile de măsură, reglare și automatizare care să asigure un reglaj fin al debitului de abur livrat de IRR pentru preluarea vîrfurilor de consum și intrarea automată în funcțiune a lor în următoarele cazuri:

— scăderea presiunii aburului sub anumită limită;

— depășirea debitului maxim admis pe priză;

— declanșarea turbinei.

Fără modificări constructive, la tipurile de turbine menționate se poate preleva suplimentar un debit de abur de circa 50 t/h la 3,4 MPa, cu menținerea în limite admisibile a solicitărilor în palete, a efortului axial și a comportării sistemului de reglaj.

Prin mărirea debitului de abur introdus în turbină crește puterea electrică produsă în regim de termoficare, realizînd un indice de termoficare de 0,1 kJ/kJ (116 kWh/Gcal) și o economie de combustibil în cazul CET Brazi de 4200 t c.c./an.

2.1.2. Analiza cu consumatorii a procesului tehnologic și stabilirea valorii minim necesare a nivelului de presiune cerut de acesta (p_c).

La proiectare, instalațiile din CET au fost dimensionate pentru o valoare optimă a presiunii aburului la priza turbinei p_p (fig. 4).

S-a avut în vedere cantitatea de energie electrică ce se poate obține în plus prin destinderea mai intensă a aburului în turbină față de sporul de investiții necesar unei supradimensionări a rețelelor de transport și aparatelor de schimb de căldură.

Presiunea p_c depinde direct de temperatura necesară procesului tehnologic, t_c, care impune temperatura de saturație a aburului în aparatul de schimb de căldură, t_s (fig. 4).

$$t_s = t_c + \Delta t_c, \qquad (7)$$

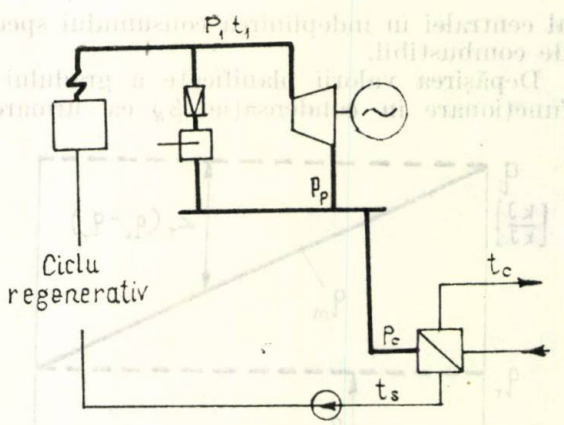


Fig. 4. Schema termică de principiu a termoficării industriale.

unde Δt_c este diferența de temperatură necesară în schimbătorul de căldură pentru transmiterea fluxului termic.

Relația (7) arată că trebuie urmărit ca în condițiile concrete de exploatare să se mențină permanent diferența de temperatură Δt_c la valorile nominale prin măsuri de întreținere curentă.

Instalațiile noi trebuie să fie proiectate pentru diferențe Δt_c cît mai reduse, de 3—5 grade, similar cu valorile utilizate la preîncălzirea regenerativă, deoarece influențează direct indicele de termoficare.

Întrucît aparatura de reglare permite menținerea presiunii nominale a aburului în limite largi de variație a debitului, trebuie renunțat la orice rezervă de presiune peste valoarea p_c, pretinsă de regulă de consumatori pentru reglaj.

2.1.3. Realizarea și menținerea în funcționare a unei diferențe minime între presiunea aburului la priza turbinei (p_p) și presiunea stabilită ca minim necesară la consumator (p_c) din figura 4.

$$p = p_p - p_c = \text{minim} \qquad (8)$$

În acest scop trebuie ca exploatarea să urmărească în permanență;

— funcționarea fără rezervă de presiune la plecare din CET, prin realizarea reglării automate a presiunii aburului pentru un domeniu mare de variație a debitului consumat;

— automatizarea și controlul profilactic al intrării în funcțiune a surselor de rezervă în cazul scăderii presiunii aburului livrat sau al ieșirii din funcțiune a surselor de bază;

— reducerea pierderilor de presiune la transportul aburului, prin raționalizarea traseului și eliminarea sistematică a eventualelor strangulări care pot să apară în exploatare pe colectoarele de distribuție din CET și pe rețelele de transport pînă la consumatori;

— funcționarea cu număr optim de conducte, în funcție de mărimea sarcinii termice, vara și iarna.

Tot în această categorie de măsuri întră evitarea utilizării transformatoarelor de abur pe perioadele în care, în funcție de condițiile locale, acest lucru este posibil.

2.1.4. Gruparea rațională a consumatorilor externi și interni pe parametri și niveluri de presiuni, astfel ca, pe total centrală, să se obțină valoarea maximă a indicelui de termoficare.

Dacă o zonă eterogenă de consum este alimentată prin două sau trei conducte, se analizează posibilitatea separării unei grupe de receptoare la care se poate livra abur cu parametri mai coborîți.

În cazul în care zona de consum solicită un debit relativ redus de abur cu presiune mai ridicată decît majoritatea consumului, se va analiza oportunitatea alimentării separate a acestuia, fie de la CET, fie din surse locale.

Astfel, pentru alimentarea cu abur necesar sterilizării termice a solului din serele legumicole a fost prevăzută inițial prin proiectare presiunea de 1,3 MPa. Analiza efectuată la CET Brazi a arătat că este posibilă înlocuirea acestuia cu abur de 0,7 MPa, cu creșterea indicelui de termoficare aferent cu circa 0,9 kJ/kJ. Prin această măsură de exploatare, se obține pentru un singur complex de sere, fără nici o investiție, o economie anuală de combustibil de :

$$B_{an} = (Y_{0.7} - Y_{1.3}) \cdot Q_{an}(q_K - q_T) \approx 1500 \text{ t c.c./an}$$

2.1.5. Utilizarea apei de adaos în circuitul termic pentru trecerea la funcționarea cu vid înrăutățit a turbinelor cu condensație și prize reglabile.

Soluția este aplicabilă în centralele de termoficare industrială unde există un debit mare de apă de adaos ca urmare a debitului important de abur tehnologic livrat.

Metoda este superioară folosirii condensatorului acestor turbine ca primă treaptă de preîncălzire a apei din rețeaua de termoficare, datorită destinderii aburului în turbină pînă la

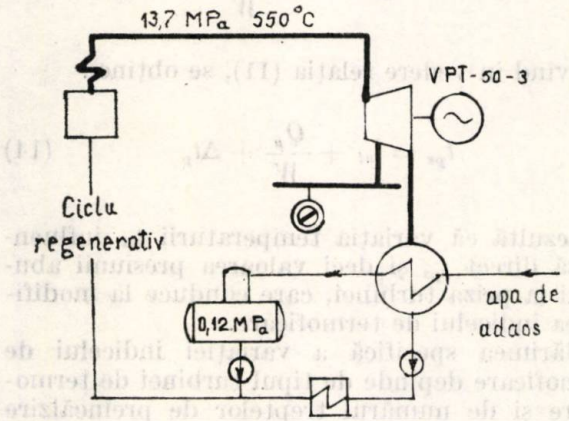


Fig. 5. Schema de principiu a utilizării apei de adaos pentru funcționarea cu vid înrăutățit a turbinelor de 50 MW.

presiuni mai coborîte, deci creșterii indicelui de termoficare, și datorită duratei de utilizare mai mari a instalației, egală practic cu numărul de ore de funcționare a turbinei.

La CET Brazi, prin aplicarea acestei soluții la un grup de 50 MW, conform schemei de principiu din figura 5, s-a obținut o economie de combustibil de 8000 t c.c./an.

2.2. *Cazul livrării căldurii sub formă de apă fierbinte*

2.2.1. Stabilirea diagramei optime de reglaj al livrării căldurii, specifică fiecărui caz concret, care să precizeze valorile recomandate ale temperaturii apei în conducta de ducere (t_{ad}), de întoarcere (t_{ai}) și debitului de agent termic vehiculat sau a echivalentului de apă al acestuia, W, în funcție de valoarea sarcinii termice Q, este dată de relația :

$$Q = W\ (t_{ad} - t_{ai}) \qquad (9)$$

Se recomandă aplicarea reglajului mixt, care realizează o concordanță mai bună între necesarul de căldură al consumatorilor și debitul termic livrat, prin variația coordonată a temperaturii și debitului de apă vehiculată.

Este necesară determinarea legii de variație a debitului de agent termic față de valoarea sarcinii termice, dată de valoarea optimă a coeficientului de reglaj r, din relația de mai jos scrisă în unități relative :

$$\bar{W} = \bar{Q}^r \qquad (10)$$

La baza calculelor trebuie să stea criteriul economicității maxime, dată de valoarea cea mai mare a energiei electrice livrate în regim de termoficare, adică a indicelui de termoficare net maxim anual.

Se au în vedere condițiile concrete ale zonei de consum — mărimea, variația și structura sarcinii termice, rezistența hidraulică a rețelei, temperatura interioară necesară consumatorului, coeficientul orar nominal de termoficare, tipul grupurilor turbogeneratoare și alte condiții locale [2].

2.2.2. În cadrul reglajului optim adoptat ca mai sus, se va funcționa cu presiune variabilă la priza reglabilă de încălzire a turbinei (p_p), dată de temperatura de saturație (t_{ps}) minim necesară asigurării valorilor cerute de diagrama de reglaj, conform relației :

$$t_{ps} = t_a + \Delta t_p, \qquad (11)$$

în care

Δt_p este diferența de temperatură necesară fluxului termic în schimbătorul de căldură, $\Delta t_p = 3 - 5$ grade ;

t_a — temperatura apei de rețea la ieșirea din schimbătorul de căldură, egală cu t_{ad} în cazul în care coeficientul orar de termoficare este mai mic decît valoarea nominală sau are o valoare condiționată de livrarea sarcinii termice nominale, Q_p^n, a turbinei, pentru W și t_{at} date de diagrama de reglaj :

$$Q_p^n = W\,(t_a - t_{at}) \qquad (12)$$

În acest mod se poate funcționa pînă la valoarea maximă a temperaturii de saturație a aburului sau pînă la capacitatea nominală a prizei.

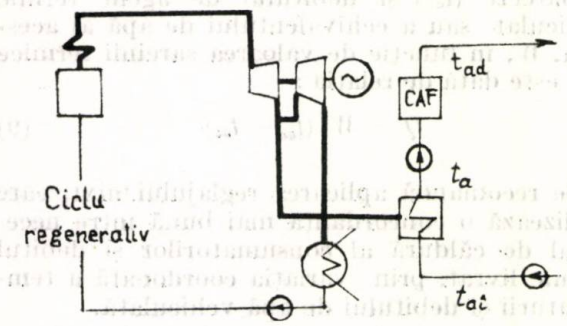


Fig. 6. Schema de principiu a livrării căldurii sub formă de apă fierbinte.

În exploatare trebuie luate următoarele măsuri :

— Respectarea corelației (11) care conduce la indice de termoficare maxim. Pentru exemplificare, în figura 7 este arătat modul de variație a indicelui de termoficare în funcție de presiunea la priza superioară a turbinei T-100-130 [4].

— Urmărirea și menținerea permanentă a diferenței de temperatură Δt_p la valori cît mai mici, prin întreținere periodică.

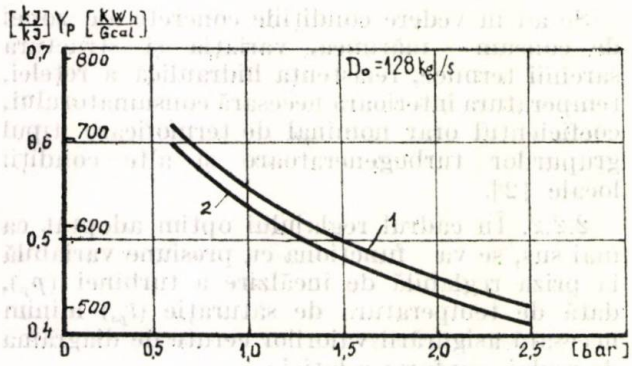


Fig. 7. Variația indicelui de termoficare al turbinei T—100—130 în funcție de presiunea la priza superioară de termoficare, în regim termic.

1 — la preîncălzirea apei de rețea în două trepte; *2* — la preîncălzirea apei de rețea în trei trepte.

— Interzicerea reglării temperaturii apei de rețea la ieșirea din schimbătoarele de căldură prin manevrarea vanei de pe conducta de abur. În acest scop se va utiliza diagrama de reglaj a turbinei sau se va acționa asupra debitului de apă care străbate schimbătorul de căldură.

— Alimentarea din bară separată a serviciilor interne de joasă presiune ale CET (degazoare, păcură, tratarea apei etc.), care necesită presiune relativ constantă pentru a se putea funcționa cu presiune variabilă în schimbătoarele de căldură pentru apa de rețea.

2.2.3. Diferențierea temperaturii apei fierbinți în conducta de ducere pentru încălzirea urbană față de alte tipuri de consumatori, și în special față de serele legumicole.

Studiile efectuate au arătat că serele legumicole solicită un regim termic diferit de al consumatorilor urbani, recomandîndu-se livrarea căldurii conform unor diagrame de reglaj diferite.

La CET Brazi, prin crearea posibilității de diferențiere a temperaturii în conducta de ducere spre cei doi consumatori, se obține o economie de combustibil de circa 2000 t c.c./an prin creșterea indicelui de termoficare pe centrală.

În domeniul sarcinilor termice mici, la încălzirea urbană scăderea progresivă a temperaturii pe ducere, respectiv a presiunii aburului la priza turbinei, se poate face pînă la circa 65°C, condiționată de prepararea apei calde menajere.

În cazul serelor, temperatura apei calde la ducere poate să fie redusă la 45—65°C, asigurîndu-se astfel un indice de termoficare mai ridicat pentru 1000—1200 ore/an [5].

2.2.4. Menținerea temperaturii apei în conducta de întoarcere la valorile minime prevăzute de diagrama de reglaj prin acționare asupra t_{ad} și W, întrucît aceasta influențează direct mărimea indicelui de termoficare, astfel :

Considerînd că debitul termic livrat din turbină, Q_p, rămîne constant indiferent de valoarea temperaturii în conducta de întoarcere, rezultă expresia temperaturii apei la ieșirea din schimbătorul de căldură :

$$t_a = t_{at} + \frac{Q_p}{W} \qquad (13)$$

Avînd în vedere relația (11), se obține :

$$t_{ps} = t_{at} + \frac{Q_p}{W} + \Delta t_p \qquad (14)$$

Rezultă că variația temperaturii t_{at} influențează direct t_{ps} și deci valoarea presiunii aburului la priza turbinei, care conduce la modificarea indicelui de termoficare.

Mărimea specifică a variației indicelui de termoficare depinde de tipul turbinei de termoficare și de numărul treptelor de preîncălzire a apei de rețea. Pentru o turbină de termoficare de 50 MW, cu parametrii aburului viu 13,7 MPa

și 565°C, cu preîncălzirea apei în două trepte, variația indicelui de termoficare cu modificarea temperaturii în conducta de intrare este de [3]:

$$\frac{\Delta Y_p}{\Delta t_{ai}} = 2{,}3\,[\text{kWh/Gcal}] \text{ sau } 1{,}978 \times 10^{-3}\,[\text{kJ/kJ}]$$

Pentru exploatare se recomandă întocmirea unor diagrame care să exprime corelația $t_{ai} = f(W, t_{ad})$ pentru diverse tipuri de consumatori și luarea măsurilor de încadrare în această diagramă, conform indicațiilor date în [5].

2.2.5. Livrarea de căldură sub formă de apă fierbinte din abur prelevat dintre corpul de medie presiune și corpul de joasă presiune sau din prizele fixe ale turbinelor.

La CET Brazi se prevede încadrarea în schema de termoficare a grupurilor de condensație Skoda de 200 MW prin extragerea de abur la presiunea de circa 0,25 MPa din conducta de legătură între corpul de medie și corpul de joasă presiune (fig. 8) și prepararea apei fierbinți.

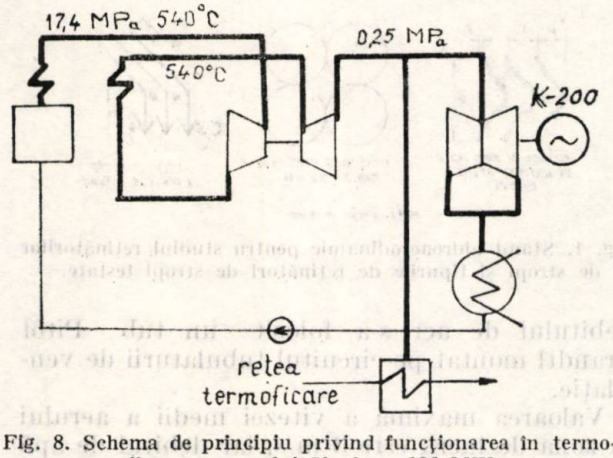


Fig. 8. Schema de principiu privind funcționarea în termoficare a grupului Skoda — 200 MW.

Prin reducerea pierderilor de căldură în condensator și producerea unei cantități importante de energie electrică în regim de termoficare, cu un indice de termoficare de peste 0,45 kJ/kJ, soluția este foarte avantajoasă, prevăzîndu-se economisirea în acest fel a unei cantități de peste 10 000 t c.c./an.

Concluzii

Creșterea indicelui de termoficare reprezintă una dintre principalele căi de mărire a economiei de combustibil realizabilă la producerea combinată a energiei electrice și căldurii.

Măsurile recomandate pentru creșterea valorii acestui indicator sînt ușor de aplicat în centralele de termoficare aflate în exploatare și au o eficiență economică deosebită.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării.* Editura tehnică, București, 1967.

[2] Athanasovici, V. *Contribuții privind reglarea livrării căldurii la consumatorii urbani cu inerție termică normală.* Teză de doctorat, Inst. Politehnic București, 1974.

[3] Căpățînă, V. *Influența temperaturii apei în conducta de întoarcere asupra economicității CET.* În: Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice nr. 3, 1969.

[4] Sokolov, E. Ia. și Komarov, N. F. *Caracteristicile termice ale turbinelor de termoficare de tip nou.* Simpozionul de termoficare, Timișul de Sus, 1967. Raport II—5.

[5] Oancea, L. *Contribuții la îmbunătățirea alimentării cu căldură prin termoficare a marilor complexe de sere legumicole.* Teză de doctorat, Inst. Politehnic București, 1977.

(Articol intrat în redacție la 16 august 1979

Eficacitatea reținătorilor de stropi din materiale plastice, utilizați la turnurile de răcire

Ing. **E. D. Cinski** *)

În zonele unde nu se dispune de rîuri sau lacuri și uneori chiar în prezența acestora, turnul de răcire se impune ca soluție de evacuare în atmosferă a căldurii reziduale provenite din diverse procese tehnologice.

Dintre tipurile de turnuri de răcire cunoscute, cea mai largă răspîndire o cunosc în prezent turnurile „umede", în care procesul răcirii apei se bazează în principal pe fenomenul de evaporare.

*) Ing. Eugeniu Dan Cinski este cercetător științific la ICEMENERG.

Aceste instalații de răcire conduc însă la pierderi de apă în atmosfera înconjurătoare, pierderi provenite, pe de o parte, din procesul de răcire prin evaporare, iar pe de altă parte din picăturile ce se formează în sistemul de răcire și care sînt antrenate de curentul de aer prin coșul de tiraj. Cantitatea de apă pierdută orar prin picăturile antrenate se apreciază la circa 0,5 % din debitul apei de circulație [1], ceea ce pentru un turn de răcire de capacitate 40 000 m³/h înseamnă 200 m³/h.

Pierderea de apă provenită din picăturile antrenate afectează negativ din punct de vedere economic, conducînd totodată la efecte nedorite, ca, spre exemplu: umezirea pe timp de vară, respectiv acoperirea cu ghiață pe timp de iarnă a zonelor învecinate turnurilor de răcire [1].

Pentru reducerea cantității de picături antrenate din turnul de răcire, se utilizează diferite sisteme de reținători de stropi, constituind în esență șicane puse în drumul picăturilor de apă.

Utilizarea reținătorilor de stropi la turnurile de răcire a condus la scăderea cantității de apă antrenate la circa 0,02 % din debitul apei de circulație [1], adică la o reducere de circa 25 ori față de situația fără reținători de stropi.

Reducerea cantității de apă antrenată prin turnurile de răcire a constituit și constituie încă o preocupare a cercetării și proiectării pe plan mondial. Astfel, utilizarea reținătorilor de stropi este analizată în Marea Britanie încă din anul 1940, în prezent aproape toate turnurile de răcire fiind echipate cu reținători de stropi [1].

În 1966, în scopul determinării unui sistem optim de captare a apei antrenate prin coșul turnurilor de răcire cu tiraj natural, a fost începută în U.R.S.S. cercetarea sistematică în laborator a diferitelor tipuri de reținători de stropi [1], [2].

În țara noastră, mai ales odată cu creșterea capacităților unitare ale turnurilor de răcire cu tiraj natural la valori ce depășesc 40 000 m³/h, reducerea cantității de apă antrenate s-a impus ca o problemă importantă.

Într-o primă etapă, cercetarea și-a propus stabilirea eficacității unor reținători de stropi de concepție românească comparativ cu tipurile de reținători clasici.

Reținătorii de stropi sînt constituiți din rulouri din plasă de material plastic, iar comparația s-a făcut cu reținătorii ondulați din asbociment (fig. 1).

Standul hidroaerodinamic utilizat pentru studiul comparativ al reținătorilor de stropi se compune în principal din : zona de lucru, sistemul de ventilație, sistemul de recirculație a apei, sistemele de măsură (fig. 1).

În zona de lucru a instalației au fost montați reținătorii de stropi testați. Deasupra acestora, la ieșirea din zona de lucru a instalației s-a prevăzut un sistem de captare și colectare a apei provenite din picături. Sistemul de captare a fost realizat din șicane de tablă profilată, care la partea inferioară au fost prevăzute, de o parte și de cealaltă, cu jgheaburi de colectare (fig. 1).

Sub reținătorii de stropi testați s-a montat o duză de pulverizare a apei, iar sub aceasta o umplutură de răcire din material plastic care, în cazul de față, îndeplinește și rolul de uniformizare a distribuției curentului de aer în zona de lucru.

Sistemul de ventilație se compune din tubulatură de ventilație, un sistem de reglare a debitului de aer și un ventilator axial, iar sistemul de recirculare a apei constă din conducte, o vană automată pentru reglarea debitului de apă și o pompă centrifugă.

Debitul de apă s-a măsurat cu ajutorul unei diafragme standardizate, iar pentru măsurarea

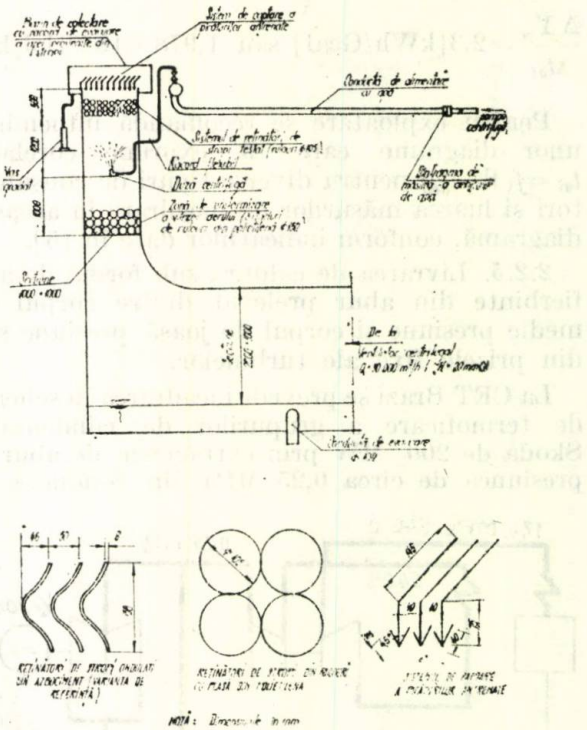


Fig. 1. Stand hidroaerodinamic pentru studiul reținătorilor de stropi și tipurile de reținători de stropi testate.

debitului de aer s-a folosit un tub Pitôt Prandtl montat pe circuitul tubulaturii de ventilație.

Valoarea maximă a vitezei medii a aerului în zona de lucru este 3 m/s, iar debitul de apă maxim de 4 m³/h.

Picăturile de apă produse de duza de pulverizare și antrenate de curentul de aer lovesc pereții șicanelor, diminuîndu-și energia cinetică, și se adună în jgheaburile acestora, de unde apa se scurge într-un bazin de colectare cu racord de evacuare într-un vas gradat.

Pentru aprecierea eficacității reținătorilor de stropi s-a utilizat relația ;

$$q = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \%,$$

în care

q_1 este debitul de apă evacuat din instalație și provenit din antrenarea picăturilor de apă în lipsa reținătorilor de stropi ;

q_2 — debitul de apă evacuat din instalație și provenit din antrenarea picăturilor de apă în prezența reținătorilor de stropi.

Debitele de apă q_1 și q_2 s-au determinat experimental prin măsurători volumetrice, în

general pentru trei debite de aer și cinci debite de apă.

Experimentările au fost efectuate pentru reținătorii de stropi ondulați și pentru reținătorii de stropi din rulouri de material plastic, dispuse într-unul, două, respectiv trei straturi.

Rezultatele cercetărilor

Rezultatele experimentale privind eficacitatea celor două sisteme încercate sînt prezentate comparativ în figura 2.

Se constată că pentru viteze ale aerului cuprinse între 1—2 m/s și debite ale duzei de stropire de 3—4 m³/h, eficacitatea reținătorilor de stropi ondulați se plasează în domeniul 98,2—98,4 %.

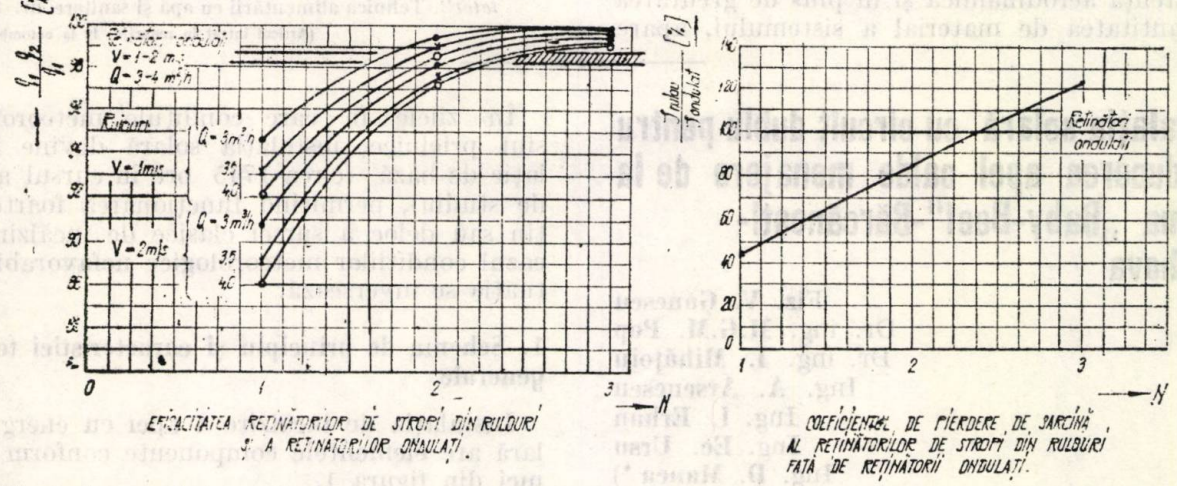


Fig. 2. Comparație între eficacitatea reținerii și coeficientul de pierdere de sarcină aerodinamică a rulourilor și a reținătorilor ondulați.

q_1 – debitul de apă pierdut fără reținători; q_2 – debitul de apă pierdut cu reținători; N – numărul de rînduri de rulouri; Q – debitul de apă al standului; V – viteza medie a aerului; ζ – coeficientul de pierdere de sarcină.

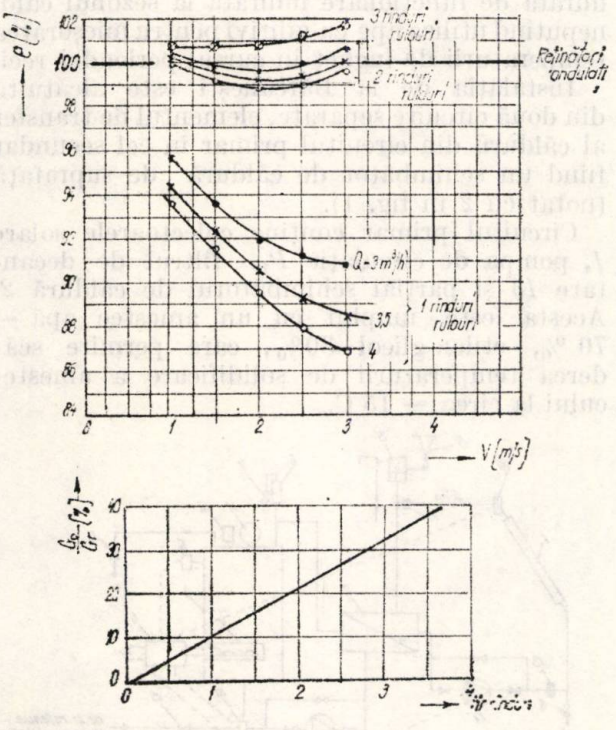


Fig. 3. Eficacitatea relativă și greutatea relativă a reținătorilor de stropi din rulouri față de reținătorii ondulați.

q_r – debitul de apă reținut de rulouri; q_o – debitul de apă reținut de reținătorii ondulați; Q – debitul de apă al standului; $e = \frac{q_r}{q_o} = \frac{(q_1 - q_2)_{rulou}}{(q_1 - q_2)_{ondulat}} 100$ – eficacitate relativă; q_1 – debitul de apă pierdut fără reținători; q_2 – debitul de apă pierdut cu reținători; G_r – greutatea reținătorilor din rulouri; G_o – greutatea reținătorilor ondulați.

La o valoare similară a eficacității se plasează și reținătorii din rulouri de material plastic în două straturi, ceea ce îi recomandă spre a fi utilizați. Reținătorii de stropi realizați dintr-un singur rînd de rulouri au o eficacitate scăzută, și anume 88—94%, iar reținătorii de stropi din trei rînduri de rulouri au o eficacitate de circa 99,5 %.

O altă caracteristică importantă a reținătorilor de stropi o constituie rezistența aerodinamică, care influențează direct asupra înălțimii coșului de tiraj al turnului de răcire. După cum se observă în figura 2, rezistența aerodinamică variază direct proporțional cu numărul de straturi de rulouri.

Reținătorii din două straturi de rulouri au coeficientul de rezistență aerodinamică cu circa 15 % mai scăzut decît acela al reținătorilor de stropi ondulați, în timp ce la trei straturi coeficientul de rezistență aerodinamică crește cu circa 25 %.

Cele expuse cu privire la capacitatea de reținere a reținătorilor se evidențiază mai sugestiv în figura 3, în care se prezintă eficacitatea relativă a reținătorilor din rulouri față de aceea a reținătorilor ondulați. Astfel, un strat de rulouri are o eficacitate relativă mai scăzută în medie cu circa 8,5%, două straturi de ru-

louri au o eficacitate relativă practic egală cu 100 %, iar trei straturi aduc un spor în medie de circa 1,5 %.

Sistemul de trei straturi aduce însă un spor important al rezistenţei aerodinamice, al greutăţii şi implicit al costului.

Ţinînd seama de eficacitatea reţinerii, de rezistenţa aerodinamică şi în plus de greutatea şi cantitatea de material a sistemului, apare ca cel mai avantajos sistemul de reţinători de stropi din două straturi de rulouri.

Bibliografie

[1] I. V. Moruzov, V. M. Altman *„Reţinători de stropi la turnurile de răcire cu tiraj natural"*. Trudi coordinaţionnih sorescianii po ghidrotehnica. Moscova 1962.

[2] V. A. Glatkov I. Arefiev *„Studiul funcţionării reţinătorilor de stropi la turnurile de răcire cu ventilator"*. Tehnica alimentării cu apă şi sanitare nr. 8/1969.

(Articol intrat în redacţie la la octombrie 1979)

Instalaţia solară cu circuit dublu pentru producerea apei calde menajere de la ferma „Baby-Beef"-Bărcăneşti-Prahova

Fiz. V. Gănescu
Dr. ing. M.G.M. Pop
Dr. ing. I. Mihăţoiu
Ing. A. Arsenescu
Ing. I. Erhan
Ing. Ec. Ursu
Ing. D. Manea *)

În cadrul realizărilor din ţara noastră care vizează utilizarea energiei solare în agricultură pentru producerea apei calde, s-au realizat două tipuri, conceptual diferite:

— instalaţiile cu circuit simplu, de genul celei de la ferma zootehnică Săftica, realizate de INCREST;

— instalaţiile cu circuit dublu, reprezentate prin obiectivul — unic pînă în prezent — de la Bărcăneşti, realizate de ICMA în colaborare cu ICEMENERG.

În perioada iulie 1978 — iulie 1979 s-a desfăşurat un amplu program experimental pentru testarea diferitelor componente ale instalaţiei, precum şi ale funcţionării instalaţiei în ansamblul ei, care au acoperit un întreg ciclu climatic.

Programul s-a încheiat prin omologarea în octombrie 1979 a acestui tip de instalaţii, aplicabil pentru debite între 1000 şi 5000 l/zi.

Modelul experimental al instalaţiei de încălzire a apei cu energie solară realizat la Bărcăneşti este destinat producerii apei calde atît pentru prepararea hranei viţeilor (circa 400 viţei), cît şi pentru efectuarea spălărilor tehnologice a instalaţiei de distribuire a hranei, în grajdurile de viţei perioada I, ca instalaţie complementară. Aceasta înseamnă că se furnizează parţial sau total necesarul de apă caldă în funcţie de condiţiile meteorologice şi anotimp, cantitatea lipsă pînă la necesarul nominal fiind dată de o instalaţie de încălzire clasică, în speţă electrică.

*) Fiz. Victor Gănescu, dr. ing. Ion Mihăţoiu, ing. Aurel Arsenescu şi ing. Ioan Erhan lucrează la Institutul de cercetări pentru mecanizarea agriculturii (ICMA) — Bucureşti; dr. ing. Mihai G. M. Pop, ing. Ecaterina Ursu şi ing. Dumitru Manea lucrează la ICEMENERG.

În zilele în care condiţiile meteorologice sînt prielnice, instalaţia solară devine instalaţie de bază (circa 1745 ore în cursul anului de studiu), permiţînd funcţionarea foarte puţin sau deloc a sursei clasice de încălzire. În cazul condiţiilor meteorologice nefavorabile, situaţia se inversează.

1. Schema de principiu şi caracteristici tehnice generale

Instalaţia de încălzire a apei cu energie solară are elementele componente conform schemei din figura 1.

Instalaţiile de acest tip sînt prevăzute a funcţiona tot timpul anului, spre deosebire de schemele cu simplu circuit (circuit deschis), care au durata de funcţionare limitată la sezonul cald, neputînd utiliza ape cu aditivi pentru micşorarea temperaturii de îngheţ în cursul perioadei reci.

Instalaţia de la Bărcăneşti este alcătuită din două circuite separate, elementul de transfer al căldurii din circuitul primar în cel secundar fiind un schimbător de căldură de suprafaţă (notat cu *2* în fig. 1).

Circuitul primar conţine colectoarele solare *1*, pompa de circulaţie P_1, filtrul de decantare *13* şi parţial schimbătorul de căldură *2*. Acesta este umplut cu un amestec apă — 70 %, etilen-glicol 30%, care permite scăderea temperaturii de solidificare a amestecului la circa — 15°C.

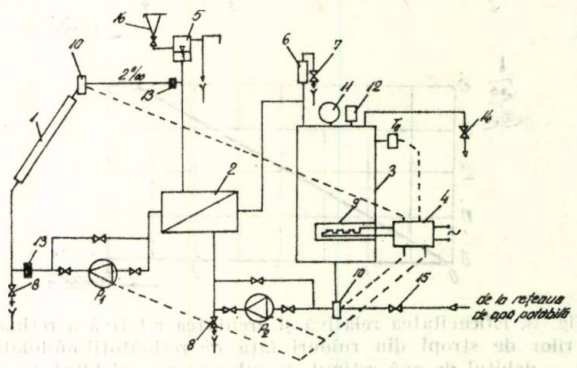


Fig. 1. Schema instalaţiei de producere a apei calde de consum la ferma Bărcăneşti.

1 — colector solar plan; *2* — schimbător de căldură de suprafaţă; *3* — rezervor de acumulare apă caldă; *4* — ansamblu de automatizare; *5* — vas de expansiune; *6* — vas de aerisire; *7* — robinet de aerisire; *8* — robinet de golire; *9* — rezistenţe electrice pentru încălzirea apei; *10* — traductor de temperatură; *11* — manometru; *12* — supapă de siguranţă; *13* — filtru decantare; *14* — robinet utilizare; *15* — robinet serviciu; *16* — pîlnie de umplere; P_1, P_2 — pompe de circulaţie; T_0 — termostat.

Circuitul secundar (numit și circuitul apei de consum), instalat în întregime în interiorul grajdului — unde există totdeauna temperaturi peste 0°C — este alcătuit din vasul de acumulare *3*, pompa de circulație P_2, încălzitorul electric *9* și partea secundară a schimbătorului de căldură *2*.

În caz de reparații sau înlocuiri, toate elementele circuitului secundar pot fi izolate prin ventile, ceea ce ridică gradul de disponibilitate al ansamblului.

Pentru reglarea temperaturii apei calde de consum se folosește regulatorul electric FEA tip X 72 C, specializat pentru procese termice (notat cu *4* în fig. 1) și două termorezistențe de Pt — 100 Ω, una la ieșirea din colectorul solar (notată cu *10* în fig. 1), măsurînd temperatura t_1, și alta la partea cea mai de jos a vasului de acumulare, măsurînd temperatura t_2.

Termostatul T_0, de tip cu sondă de imersie, fabricație FEA, întrerupe alimentarea cu energie electrică a bateriilor de rezistențe imersate, *9*, atunci cînd temperatura apei în rezervor atinge 45°C.

În cazul depășirii temperaturii maxime prestabilite de 45°C, datorită încălzirii solare, schema de reglare nu intervine.

Pompele P_1 și P_2 sînt acționate cu ajutorul regulatorului electronic astfel:

— cînd $t_1 - t_2 > 7$°C, transferul de căldură se face de la colectoare spre vasul de acumulare, fiind necesară funcționarea pompelor de circulație;

— cînd $t_1 - t_2 < 7$°C, pentru a evita transferul de căldură invers, pompele se opresc.

Caracteristicile tehnice generale ale instalației sînt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristicile generale ale instalației solare cu circuit dublu de la Bărcănești-Prahova

Elementul	U.M.	Valoarea
Caracteristici generale		
Numărul de colectoare solare ale instalației	buc.	19
Suprafața activă a colectoarelor solare	m²	aprox. 28,5
Debitul instalației	l/zi	1500
Temperatura de calcul de livrare a apei calde	°C	45
Temperatura de calcul a apei de la rețea	°C	12
Colectorul solar		
Tip: plan		
Orientare: sud		
Înclinare	0	45
Număr de geamuri	buc.	1
Suprafață vitrată	m²	1,474
Placă absorbantă din oțel, vopsită negru mat, grosime	mm	1
Țeavă din oțel galvanizat, presată în locașuri elastice special practicate în placa absorbantă, diametru	mm	12,7
Izolație: vată minerală, grosime	cm	5
Coeficientul de absorbție al plăcii colectoare	—	0,9
Coeficientul de emisie al plăcii colectoare	—	0,9
Rezervorul de acumulare		
Tipul: cu hidrofor, capacitate	l	2000
Presiunea maximă de lucru	bar	6
Temperatura maximă/minimă de lucru	°C	60/0
Grosimea izolației	cm	10
Schimbătorul de căldură		
Tipul: în contracurent cu țevi de alamă		
Fabricant: Întrepr. de construcții metalice și aparataje București		
Suprafața de încălzire	m²	5,06
Presiunea maximă de lucru	bar	10
Temperatura maximă a fluidelor de lucru:		
— primar	°C	130
— secundar	°C	60
Izolație termică: vată minerală, grosime	cm	5
Bateria de încălzire electrică		
Puterea	W	3×1900
Pompele de circulație		
Tip: Criș 50 Ø 124		
Debit	m³/h	5
Înălțimea de refulare	m	4
Puterea electromotorului	kW	0,55

2. Performanțele instalației

Colectorul solar plan a fost testat în aer liber într-o buclă experimentală în circuit deschis, a cărei schemă de principiu este dată în figura 2.

Conform schemei, apa de la rețea intră în vasul de acumulare *2* cu capacitatea de 400 l

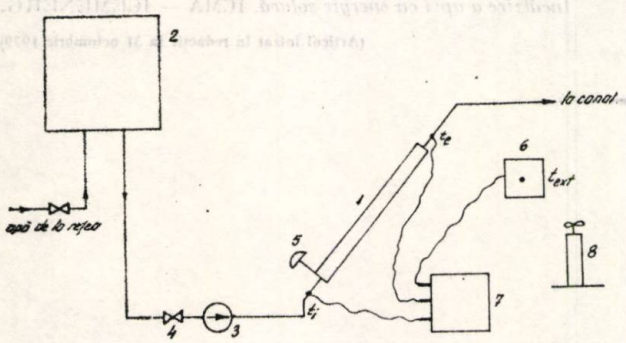


Fig. 2. Schema de încercare a colectoarelor solare plane în aer liber, în circuit deschis.

și, după trecerea printr-un rotametru (debite mici și mijlocii) sau printr-un debitmetru cu turbină tip Turboquant (debite mari), intră în colectorul solar *1*, de unde este evacuată la canal.

Temperaturile de intrare t_i, de ieșire t_e și cea a mediului exterior t_{ext} se măsoară cu termocuple cuplate la un înregistrator electronic *7*,

tip FEA — 15 + 80°C, iar intensitatea radiației solare cu ajutorul piranometrului 5.

Caracteristica energetică a colectorului [1], [2], [3], care prezintă variația randamentului colectorului (η) în funcție de caracteristica de temperatură a acestuia (ε), este prezentată în figura 3 [4].

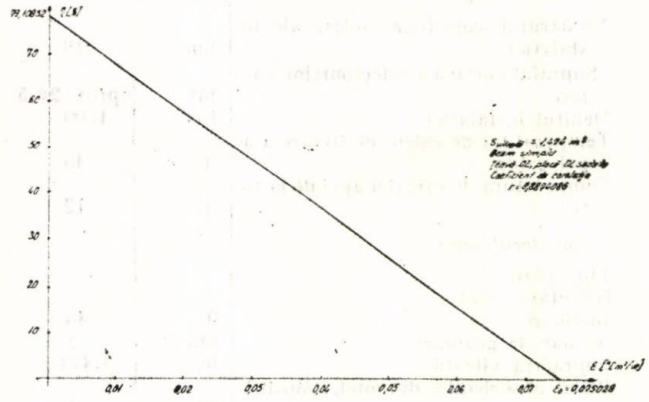


Fig. 3. Variația $\eta - \varepsilon$ pentru colectorul solar plan IMA1A-I.

Prin definiție :

$$\varepsilon = \frac{\frac{t_i + t_e}{2} - t_{ext}}{I} \ [°C \cdot m^2/W], \qquad (1)$$

iar

$$\eta = \frac{G \cdot c_p (t_e - t_i)}{I} \cdot 100 \ [\%], \qquad (2)$$

în care, în afara notațiilor cunoscute, mai intervin :

I — intensitatea radiației solare, în W/m^2;
G — debitul de fluid pe unitatea de suprafață absorbantă, în $kg/m^2 \cdot s$;
c_p — căldura specifică a fluidului, în $J/kg°K$.

Funcționarea de ansamblu a instalației în intervalul de timp amintit a urmărit comportarea acesteia pentru diverse debite de agent primar, condiții meteo, grade de umiditate etc.

Energia necesară preparării apei calde de consum la ferma Bărcănești este de 1350 kWh/lună, ceea ce corespunde la 16 200 kWh/an. Din aceasta, circa 9189 kWh/an este furnizată pe baza energiei solare.

În figura 4 este prezentată o vedere a colectoarelor solare plane amplasate pe centrala termică a complexului.

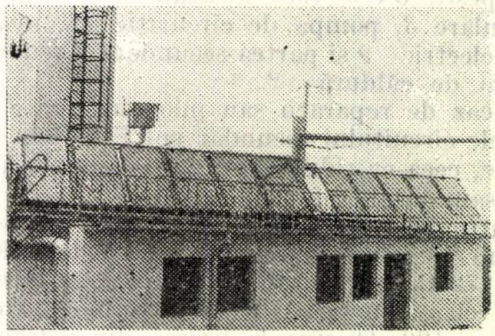


Fig. 4. Vedere de ansamblu a bateriei de colectoare solare de la ferma Bărcănești.

Concluzii

Instalația solară cu circuit dublu pentru producerea apei calde menajere de la ferma „Babybeef"-Bărcănești constituie o premieră.

Rezultatele obținute pe parcursul unui întreg ciclu climatic sînt încurajatoare, conducînd la concluzia că 56,7 % din necesarul de căldură al fermei poate fi acoperit cu această instalație.

Se poate afirma că experiența dobîndită ar putea fi extinsă la realizarea unor instalații tipizate în domenii apropiate de debit.

Pentru alte domenii de debite instalația realizată poate constitui un bun punct de plecare.

Cercetările efectuate au relevat și posibilitatea combinării aportului energetic al diverselor surse neconvenționale pentru satisfacerea pe o durată cît mai mare a anului a nevoilor de energie ale fermelor agricole.

Bibliografie

[1] Justin, B. *Some Aspects of Testing the Thermal Performance of Collectors.* International Solar Energy Society, Londra, 1977.

[2] * * * *Thermal Collection, Storage and Low Temperature Applications.* International Solar Energy Society, U.K. Section, 1976.

[3] * * * *Sonnenenergie.* ASSA Informationsdienst, 1, 1978.

[4] * * * *Cercetări privind stabilirea tipului corespunzător, realizarea și experimentarea modelului de instalații de încălzire a apei cu energie solară.* ICMA — ICEMENERG.

(Articol intrat în redacție la 31 octombrie 1979)

Echivalarea rapidă a rețelelor electroenergetice

Prof. dr. ing. **Eugen Potolea**
și ing. **Horia Crișciu***)

Problema echivalării rețelelor electroenergetice a fost și este o preocupare permanentă a specialiștilor [1]—[7]. Remarcăm succesul obținut în țară și peste hotare de modelele REI [1], [2], elaborate de dr. doc. ing. Paul Dimo, membru corespondent al Academiei R.S.R.

În mai 1979, autorul articolului de față a prezentat, la sesiunea de comunicări ISPE — ISPH, o comunicare cu titlul „Echivalarea și estimarea în calculul rețelelor electroenergetice", în care a fost propusă schema RET (Rețea Echivalentă cu Transformatoare) pentru *echivalarea laturilor active* ale unei rețele electroenergetice [7].

În articolul de față s-a utilizat schema RET pentru *echivalarea nodurilor active sau pasive* ale unei rețele electroenergetice, obținîndu-se astfel modelul REX (Rețea cu nod Echivalent X), care s-a dovedit deosebit de eficient la calculul regimurilor permanente și tranzitorii ale sistemelor electroenergetice.

1. Modelul matematic

Regimurile simetrice ale rețelelor electroenergetice se simulează cu ajutorul schemei echivalente de succesiune directă din metoda componentelor simetrice. În calculul regimului permanent sinusoidal se utilizează schema echivalentă cu curenți injectați la noduri, iar în calculul regimului tranzitoriu cvasisinusoidal [6] se utilizează schema echivalentă cu curenți electromotori injectați la noduri. Ambele scheme (fig. 1) se studiază cu metoda tensiunilor nodale, care necesită formarea unui sistem de ecuații fazoriale cu ordinul determinat de numărul nodurilor.

Se notează cu m mulțimea nodurilor din schema echivalentă de succesiune directă (fig. 1 *a*) și se scrie ecuația matricială a tensiunilor nodale :

$$\underline{Y}_{mm}\underline{U}_m = \underline{I}_m \qquad (1)$$

Mulțimea nodurilor se partiționează în două submulțimi disjuncte $m = n \cup s$ și se scrie ecuația (1) folosind matricele partiționate :

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{nn}\underline{U}_n + \underline{Y}_{ns}\underline{U}_s &= \underline{I}_n \\ \underline{Y}_{sn}\underline{U}_n + \underline{Y}_{ss}\underline{U}_s &= \underline{I}_s \end{aligned} \qquad (2)$$

Pentru nodurile $i \in s$ se definesc două variabile auxiliare, $\underline{U}_x$, $\underline{I}_x$, care satisfac relațiile :

$$\underline{U}_i = \underline{T}_i\underline{U}_x\,; \quad \underline{I}_x = \sum_{i\in s} \underline{T}_i^*\,\underline{I}_i \qquad (3)$$

*) Institutul politehnic București.

Ținînd seama de (3), se demonstrează :

$$\underline{S}_x = \underline{U}_x\underline{I}_x^* = \sum_{i\in s} \underline{U}_i\underline{I}_i^* = \sum_{i\in s} \underline{S}_i \qquad (4)$$

Relațiile (3) se scriu sub formă matricială :

$$\underline{U}_s = \underline{T}\,\underline{U}_x\,; \quad \underline{I}_x = \underline{T}_t^*\underline{I}_s \qquad (5)$$

unde $\underline{T}$ este matricea-coloană a operatorilor $\underline{T}_i$.

Cu relațiile (5) se elimină $\underline{U}_s$, $\underline{I}_s$ din (2) :

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{nn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{nx}\underline{U}_x &= \underline{I}_n \\ \underline{Y}_{xn}\,\underline{U}_n + \underline{Y}_{xx}\,\underline{U}_x &= \underline{I}_x \end{aligned} \qquad (6)$$

unde

$$\underline{Y}_{nx} = \underline{Y}_{ns}\,\underline{T}\,; \quad \underline{Y}_{xn} = \underline{T}_t^*\underline{Y}_{sn}$$

$$\underline{Y}_{xx} = \underline{T}_t^*\,\underline{Y}_{ss}\underline{T} \qquad (7)$$

Tensiunea $\underline{U}_x$ se alege arbitrar, exceptînd valoarea zero. Cu primele relații din (3) se calculează $\underline{T}_i$, iar cu relațiile (7) se calculează submatricele din ecuațiile transformate (6).

Ecuațiile transformate (6) se asociază unei rețele cu $n \cup x$ noduri, care este echivalentă cu rețeaua originară cu $n \cup s$ noduri. Ecuațiile (6) vor fi denumite în continuare ecuații REX (Rețea cu nod Echivalent X) sau modelul REX pentru calculul regimului permanent.

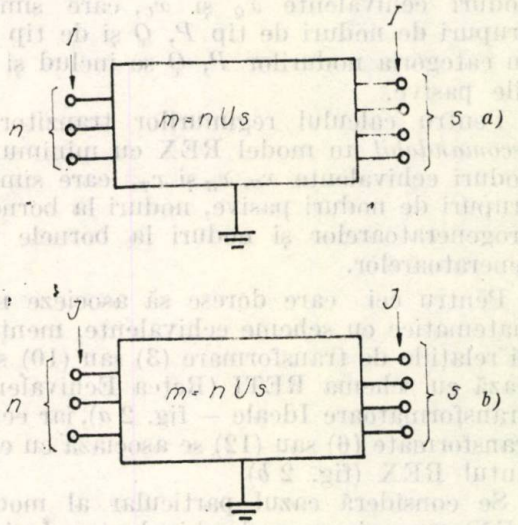


Fig. 1. Schema cu curenți la noduri (*a*) și schema cu curenți electromotori la noduri (*b*).

În mod analog se obține modelul REX pentru calculul regimului tranzitoriu. În schema echivalentă de succesiune directă se simulează receptoarele prin admitanțe, iar generatoarele prin admitanțe și curenți electromotori (fig. 1 *b*).

Ecuația tensiunilor nodale este :

$$\underline{Y}_{mm}\underline{U}_m = \underline{J}_m \qquad (8)$$

Se partiţionează mulţimea nodurilor $m = n \cup s$ şi se obţine din (8):

$$\begin{aligned} \underline{Y}_{nn}\underline{U}_n + \underline{Y}_{ns}\underline{U}_s &= \underline{J}_n \\ \underline{Y}_{sn}\underline{U}_n + \underline{Y}_{ss}\underline{U}_s &= \underline{J}_s \end{aligned} \qquad (9)$$

Se efectuează schimbarea de variabile:

$$\underline{U}_i = \underline{T}_i\underline{U}_x\,; \quad \underline{J}_x = \sum_{i\in s} \underline{T}_i^*\underline{J}_i \qquad (10)$$

şi se obţine din (9):

$$\underline{Y}_{nn}\underline{U}_n + \underline{Y}_{nx}\underline{U}_x = \underline{J}_n \qquad (11)$$

$$\underline{Y}_{xn}\underline{U}_n + \underline{Y}_{xx}\underline{U}_x = \underline{J}_x$$

Ecuaţiile transformate (11) formează modelul REX al schemei cu curenţi electromotori injectaţi la noduri.

Modelele REX de regim permanent şi de regim tranzitoriu pot avea mai multe noduri echivalente x cu aceeaşi tensiune aleasă arbitrar U_x. Modelul REX cu mai multe noduri echivalente, x_1, x_2, x_3, se obţine prin aplicarea succesivă a algoritmului de formare a modelului REX cu un nod echivalent. Se partiţionează în mod corespunzător matricele din modelele (6), (11) şi se formează noi modele REX, care conţin cîte un nou nod echivalent.

Pentru calculul regimului permanent *este necesar* un model REX cu minimum două noduri echivalente x_Q şi x_U, care simulează grupuri de noduri de tip P, Q şi de tip P, U. În categoria nodurilor P, Q se includ şi nodurile pasive.

Pentru calculul regimurilor tranzitorii *este recomandabil* un model REX cu minimum trei noduri echivalente x_O, x_H şi x_T, care simulează grupuri de noduri pasive, noduri la bornele hidrogeneratoarelor şi noduri la bornele turbogeneratoarelor.

Pentru cei care doresc să asocieze modele matematice cu scheme echivalente, menţionăm că relaţiile de transformare (3) sau (10) se asociază cu schema RETI (Reţea Echivalentă cu Transformatoare Ideale — fig. 2 *a*), iar ecuaţiile transformate (6) sau (12) se asociază cu echivalentul REX (fig. 2 *b*).

Se consideră cazul particular al modelului REX cu un singur nod echivalent x. În ipoteza că se lucrează cu mărimi relative, se admite $U_x = 1$ şi rezultă $\underline{T}_i = \underline{U}_i$. Cu relaţiile (7) se calculează:

$$\underline{Y}_{ix} = \sum_{k\in s} \underline{Y}_{ik}\underline{U}_k\,; \quad i \in n$$

$$\underline{Y}_{xk} = \sum_{i\in s} \underline{U}_i^*\underline{Y}_{ik}\,; \quad k \in n \qquad (12)$$

$$\underline{Y}_{xx} = \sum_{i\in s}\sum_{k\in s} \underline{U}_i^*\underline{Y}_{ik}\underline{U}_k$$

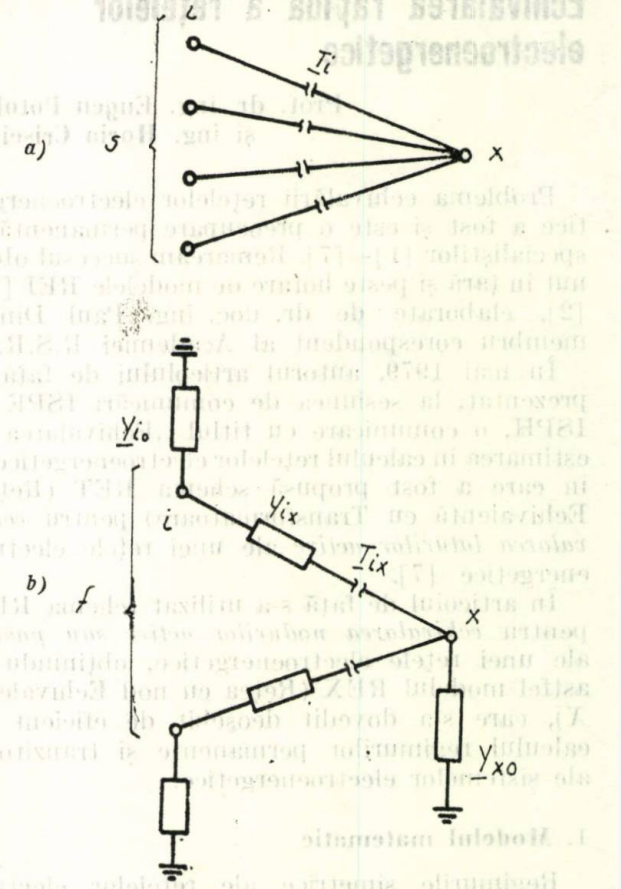


Fig. 2. Schema RETI (*a*) şi echivalentul REX (*b*).

Folosind teoremele admitanţelor nodale, generalizate [6] pentru reţelele cu transformatoare rotitoare $\underline{T}_{ix} = e^{j\theta_{ix}}$, se exprimă parametrii REX:

$$\underline{T}_{ix} = \sqrt{\frac{\underline{Y}_{ix}}{\underline{Y}_{xi}}}\,; \quad \underline{y}_{ix} = -\underline{Y}_{ix}\, e^{j\theta_{ix}}$$

$$\underline{y}_{i0} = -\underline{y}_{ix}\,; \quad \underline{y}_{x0} = \underline{Y}_{xx} - \sum_{k\in s} \underline{Y}_{xk}\, e^{j\theta_{ix}} \qquad (13)$$

Odată cu partiţionarea mulţimii de noduri m în submulţimile disjuncte n şi s, se defineşte o mulţime de laturi incidente şi la noduri $i \in n$ şi la noduri $i \in s$. Laturile menţionate se numesc laturi de interconexiune, iar nodurile $i \in n$, incidente cu laturile de interconexiune, formează mulţimea f a nodurilor de frontieră. Laturile de interconexiune se includ în echivalentul REX şi se recalculează admitanţele $\underline{y}_{i0}$ din (13):

$$\underline{y}_{i0} = y_{f\,ix} - y_{ix} \qquad (14)$$

unde $y_{f\,ix}$ este admitanţa laturii de interconexiune de la nodul de frontieră fi.

Echivalentul REX se reprezintă ca o reţea cu laturi transversale la nodurile f, x şi cu laturi longitudinale radiale faţă de nodul echiva-

lent x (fig. 2 *b*). Numărul laturilor longitudinale ale echivalentului REX este egal cu numărul nodurilor de frontieră.

Metoda de echivalare propusă de noi îşi reclamă atributul „rapidă" dacă se compară cu celelalte metode de echivalare, care necesită eliminarea gaussiană a nodurilor pasive sau active (echivalentul Dimo şi echivalentul Ward). În afară de avantajul incontestabil al rapidităţii, modelul REX mai prezintă următoarele avantaje faţă de alte modele utilizate în prezent la calculul reţelelor vaste :

1. Modelul REX este utilizabil la calculul regimurilor de referinţă : regimul permanent şi regimul din primul moment al perturbaţiei. Eficienţa modelului REX la calculul regimurilor de referinţă nu poate fi comparată cu eficienţa celorlalte modele, deoarece acestea din urmă nu sînt utilizabile decît la calculul contingenţelor.

2. Calculul contingenţelor cu ajutorul modelului REX se efectuează odată cu testarea şi validarea modelului. Recalcularea modelului REX în decursul testării necesită numai utilizarea unor relaţii de recurenţă sau de sinteză faţă de modelul iniţial.

3. Renunţînd la comparaţii, trebuie precizat că scopul principal pentru care a fost creat modelul REX este economisirea memoriei calculatorului la studiul reţelelor vaste. Dispunînd de un calculator şi de un program clasic pentru calculul unei reţele cu M noduri, se pot calcula reţele cu $M \times R$ noduri dacă se utilizează modelul REX. Se partiţionează reţeaua în R subreţele cu cîte M noduri şi se formează cîte trei noduri echivalente pentru fiecare subreţea. O condiţie restrictivă, care se îndeplineşte cu uşurinţă, este ca ordinul modelului REX să nu depăşească numărul M, adică $N + 3R \leqslant M$. Dacă $M = 500$ şi $R = 10$, rezultă că modelul REX permite calculul unei reţele cu 5000 noduri, cu condiţia ca numărul nodurilor de frontieră ale subreţelelor să nu depăşească $N = M - 3R = 470$.

II. Algoritm pentru calculul regimului permanent al reţelelor electrice vaste folosind echivalentul REX cu un singur nod echivalent

1. Se partiţionează reţeaua cu M noduri în R subreţele cu $M_1, M_2, \ldots, M_R$ noduri (fig. 3).

2. Se reduce mulţimea nodurilor M_i ($i \in R$) din fiecare subreţea i la nodurile de frontieră, f_i. Mulţimea nodurilor S_i ($i \in R$) este formată din celelalte $M_i - f_i$ noduri. Se alege un set iniţial de tensiuni :

$$U_j^{(i)}, \quad j \in i, \quad i \in R$$

3. Se calculează modelul REX al fiecărei subreţele $i \in R$ folosind relaţiile (6).

4. Se calculează regimul reţelei formate din mulţimea nodurilor :

$$f_1 + f_2 + \ldots + f_R + x_1 + x_2 + \ldots + x_R$$

Se determină tensiunile nodale corespunzătoare, precum şi circulaţiile de putere pe laturile de interconexiune.

5. Se verifică un criteriu de convergenţă a aproximaţiilor. Dacă criteriul se verifică, calculul se opreşte. Altfel, se trece la pasul 6.

6. Se secţionează laturile de interconexiune şi se înlocuiesc cu injecţiile corespunzătoare de putere în nodurile de frontieră sau se despică nodurile de frontieră păstrînd pentru acestea valoarea tensiunii nodale determinată la punctul 4.

7. Pentru fiecare subreţea se rezolvă ecuaţia nodală matricială :

$$\underline{Y}_{mm}^{(i)} \, \underline{U}_m^{(i)} = \underline{I}_m^{(i)} \quad i \in R \tag{15}$$

În fiecare subreţea se alege un nod de echilibru din mulţimea f_i, $i \in R$, care în această fază a calculului îşi păstrează valoarea determinată la pasul 4.

8. Se trece la pasul 3.

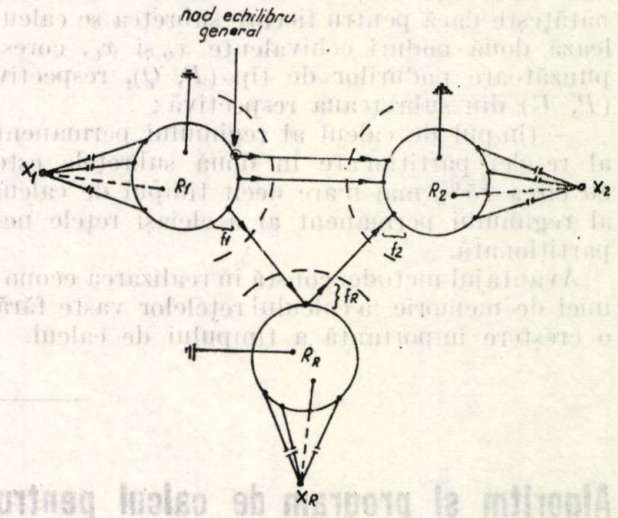


Fig. 3

La pasul 7 se poate utiliza orice program de regim staţionar, iar la pasul 4 se exclude programul FAST, care se bazează pe metoda decuplată rapidă. Această restricţie se datoreşte faptului că în modelul matematic prezentat nu sînt admise aproximaţiile din metoda decuplată rapidă.

Algoritmul prezentat este deosebit de eficient la calculul contingenţelor. Se admite că s-a calculat un regim de referinţă al reţelei interconectate şi se cere să se calculeze noi regimuri pentru subreţeaua R_1, în care se produc perturbaţii. În aceste condiţii, pentru subreţeaua R_1 se consideră toate nodurile M_1, iar pentru subreţelele $M_2, \ldots, M_R$ se formează nodurile echivalente $x_2, \ldots, x_R$. Se operează modificările în reţeaua R_1 şi se calculează soluţiile sistemului format din mulţimea nodurilor :

$$M_1 + f_2 + \ldots + f_R + x_2 + \ldots + x_R$$

Pentru subreţelele $R_2, \ldots, R_R$ se verifică criteriul :

$$\left\| \frac{\underline{U}_{x0}^{i} - \underline{U}_{x}^{i}}{\underline{U}_{x0}^{i}} \right\| \leqslant \varepsilon, \quad i \in (R - \{R_1\}) \tag{16}$$

unde

$\underline{U}_{x0}^{i}$ este tensiunea aleasă a nodului x pentru subreţeaua i ;

$\underline{U}_{x}^{i}$ — tensiunea calculată a nodului x pentru subreţeaua i.

Dacă criteriul este verificat, soluţiile reţelei R_1 sînt suficient de exacte (în funcţie de valoarea admisă pentru ε). Dacă criteriul nu se verifică, se reia calculul reţelei interconectate şi se calculează un nou echivalent pentru subreţeaua care nu a verificat criteriul (16).

III. Rezultate obținute

S-a aplicat algoritmul descris la calculul unor rețele de 130 noduri, reprezentînd rețeaua sistemului energetic național și a rețelelor cu care se interconectează, redusă la principalele noduri de 220 kV, 400 kV și 700 kV. În urma rezultatelor se pot trage următoarele concluzii:

— procesul de calcul este mai convergent în cazul în care la pasul 6 se despică nodurile de frontieră. Aceasta înseamnă să se calculeze fiecare subrețea considerînd valoarea tensiunilor în nodurile de frontieră fixă și egală cu cea calculată la pasul 4;

— convergența procesului iterativ se îmbunătățește dacă pentru fiecare subrețea se calculează două noduri echivalente x_Q și x_U, corespunzătoare nodurilor de tip (P, Q), respectiv (P, U) din subrețeaua respectivă;

— timpul de calcul al regimului permanent al rețelei partiționate în două subrețele este cu circa 15% mai mare decît timpul de calcul al regimului permanent al aceleiași rețele nepartiționată.

Avantajul metodei constă în realizarea economiei de memorie la calculul rețelelor vaste fără o creștere importantă a timpului de calcul.

Considerăm că în prezent sînt lămurite principalele aspecte teoretice ale problemei. Realizarea unui program performant pentru calculul rețelelor vaste ($\geqslant$3000 noduri) este condiționată numai de finanțarea de către un beneficiar.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Analiza nodală a sistemelor electroenergetice.* Editura Academiei R.S.R., București, 1968.

[2] Dimo, P. *Modele REI și indicatori de stare. Sisteme energetice interconectate.* Editura Academiei R.S.R., București, 1979.

[3] Ward, G. *Equivalent circuits for power flow studies.* În: AIEE Trans. PAS, vol. 68, 1969, p. 373–378.

[4] Tinney, W. și Walker, W. *Direct solution by Newton's method.* În: IEEE PAS, vol. 86, 1967, p. 1449–1460.

[5] Tinney, W. și Powell, W. *The REI approach to power network equivalents.* Conferința PICA, 1977, Toronto, Canada.

[6] Potolea, E. *Calculul regimurilor de funcționare ale sistemelor electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1977.

[7] Potolea, E. *Echivalare și estimare în calculul sistemelor electroenergetice.* Sesiunea de comunicări ISPE–ISPH, mai 1979.

(Articol intrat în redacție la 3 martie 1980)

Algoritm și program de calcul pentru analiza rețelelor electrice cu transformatoare

Dr. ing. S. Darie *)

Rețelele sistemelor electrice prezintă în configurația lor mai multe rețele galvanice, conectate între ele prin intermediul transformatoarelor și al autotransformatoarelor.

Studiul rețelelor electrice cu transformatoare se poate face:

— cu ajutorul schemelor electrice echivalente, raportate la una dintre tensiuni;

— prin laturi longitudinale, înseriate cu un transformator ideal de separare [1].

Reprezentarea transformatoarelor în calculul rețelelor electrice

Se consideră o rețea electrică ce conține transformatoare/autotransformatoare și din mulțimea nodurilor $n = \frac{Un_i}{i}$ se rețin două noduri, p și q, între care este conectat un transformator/autotransformator (fig. 1).

*) Dr. ing. Silviu Darie este conferențiar la Institutul politehnic Cluj-Napoca, Facultatea de electrotehnică.

Prezența transformatorului/autotransformatorului se poate lua în considerare foarte simplu prin introducerea unui nod suplimentar t; trecerea de la nodul p la nodul t se efectuează printr-un operator de transformare.

În acest caz, ecuația de funcționare ce se poate atașa rețelei din figura 1 este

$$I_p = \frac{i_{tq}}{a} = i_{tq}\left(\frac{E_p}{a} - E_q\right)\cdot y_{p-q},$$

și

$$I_q = (E_q - E_t)\cdot y_{p-a} = \qquad (1)$$

$$= (a\,E_q - E_p)\,\frac{y_{p-a}}{a},$$

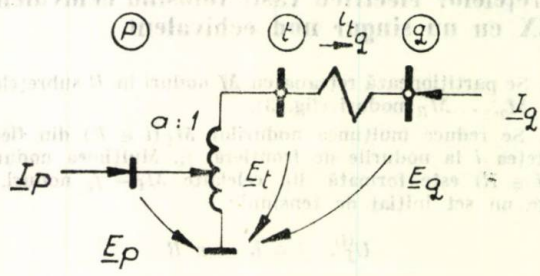


Fig. 1. Schema electrică echivalentă a transformatorului.

Pentru ecuațiile de funcționare (1), presupunem că dorim o schemă echivalentă galvanică, ca în figura 2.

Ecuațiile de funcționare, atașate schemei din figura 2, sînt :

$$I_p = (E_p - E_q) \cdot A + E_p \cdot B,$$
$$I_q = (E_q - E_p) \cdot A + E_q \cdot C, \quad (2)$$

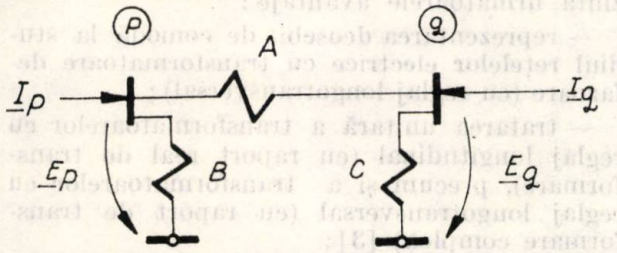


Fig. 2. Schema echivalentă în Π a transformatorului.

Din ecuațiile (1) și (2) rezultă :

$$A = \frac{y_{p-a}}{a},$$
$$B = \frac{1}{a}\left(\frac{1}{a} - 1\right) \cdot y_{p-a}, \quad (3)$$
$$C = \left(1 - \frac{1}{a}\right) \cdot y_{p-a},$$

Cu ajutorul relațiilor (3) se poate construi schema echivalentă în Π, în care parametrii circuitului sînt exprimați în funcție de admitanța transformatorului și de raportul de transformare, schemă propusă de Ward (fig. 3).

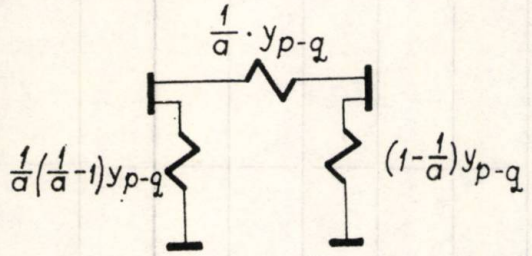


Fig. 3. Schema echivalentă în Π a transformatorului cu parametrii exprimați funcție de admitanța transformatorului.

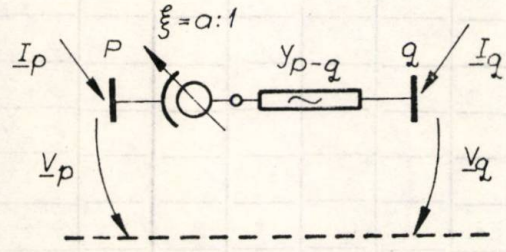


Fig. 4. Reprezentarea transformatorului prin operator.

Schema galvanică din figura 3 este echivalentă cu schema din figura 4 [2]; în schema din figura 4, transformatorul este reprezentat printr-o admitanță y_{p-q}, raportată la tensiunea V_q, și ξ — operator de transformare ; $\xi = a:1$, care este un transformator ideal.

Folosirea schemei din figura 4 este mai generală, iar operatorul ξ poate fi și un număr complex [2].

Modelul matematic al transformatorului/autotransformatorului

Se propune ca transformatorul să fie reprezentat în felul următor :

Reactanța transformatorului/autotransformatorului, X_{at}, se va raporta totdeauna la partea de înaltă tensiune, adică se va adopta schema din figura 5.

$$X_{at} = U_{sc\%} \frac{U_n^2}{100\ S_n} = U_{sc\%}\ B, \quad (4)$$

în care

U_n este tensiunea nominală primară a transformatorului, în kV ;

S_n — puterea nominală aparentă a transformatorului, în MVA ;

$B = \frac{U_n^2}{100\ S_n}$ — constantă funcție de tipul și puterea transformatorului.

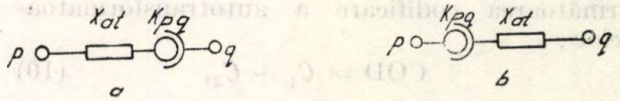


Fig. 5. Scheme echivalente dipolare ale transformatorului. *a* — incidența magnetică este la nodul $q > p$; *b* — incidența magnetică este la nodul $p < q$.

Presupunînd că variația tensiunii nu depinde de sarcină, se obține, pentru variația reactanței transformatorului în funcție de poziția plotului transformatorului, o variație după o parabolă, de forma :

$$U_{sc} = ap^2 + bp + c, \quad (5$$

în care p reprezintă poziția plotului.

Firmele constructoare dau tensiunea de scurtcircuit pentru ploturile cu tensiunea U_{max}, U_{med} și U_{min} ; pentru aceste valori ale tensiunilor se pot scrie trei ecuații de forma (5), de unde rezultă constantele a, b, c :

$$a = \frac{\frac{1}{2}[U_{sc\,max} - U_{sc\,min}] - U_{sc\,med}}{(p_{med} - 1)^2}, \quad (6)$$
$$b = \frac{U_{sc\,min} - U_{sc\,max}}{2(p_{med} - 1)},$$
$$c = U_{sc\,med}$$

Raportul de transformare se definește ca fiind $K = \frac{U_{np}}{U_{ns}}$ pentru plotul mediu și

$$K = \frac{U_{np} \pm p\Delta U_{\%} \frac{U_{np}}{100}}{U_{ns}} \quad (7)$$

pentru plotul p.

Pentru raportul de transformare se poate considera o variatie de forma :

$$K = mp + n. \quad (8)$$

în care m și n sînt niște coeficienți care se determină din valoarea lui K pentru pozițiile extreme ale plotului, iar p este poziția plotului.

Rezultă :

$$m = \frac{K_{max} - K_{min}}{2p},$$

$$n = \frac{K_{max} - K_{min}}{2} \qquad (9)$$

Algoritmul și programul de calcul propus

Pentru introducerea automată a transformatoarelor prin schemele echivalente propuse în figura 5, s-a elaborat programul de calcul ATR, care calculează automat X_{at}, K_{pq} și locul incidenței, în funcție de tipul transformatorului și poziția plotului.

Pentru programul de calcul ATR, s-a introdus următoarea codificare a autotransformatoarelor :

$$COD = C_1 + C_2, \qquad (10)$$

conform tabelului 1 și

$$p < q \qquad (11)$$

Schema și algoritmul de calcul propus prezintă următoarele avantaje :

— reprezentarea deosebit de comodă la studiul rețelelor electrice cu transformatoare defazoare (cu reglaj longotransversal) ;

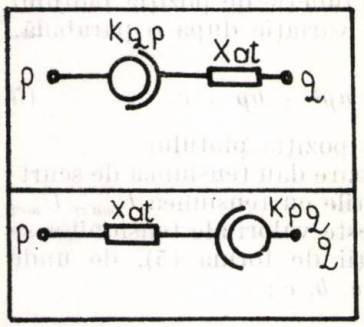
— tratarea unitară a transformatoarelor cu reglaj longitudinal (cu raport real de transformare), precum și a transformatoarelor cu reglaj longotransversal (cu raport de transformare complex) [3] ;

— reducerea volumului ocupat în memoria calculatorului și a timpului de calcul datorită neintroducerii coardelor suplimentare spre pămîntul fictiv ;

— avantajele la sinteza rețelelor electrice cu transformatoare și la studiul reglajului prizelor la transformatoare.

În figura 6 se dă schema logică a programului de calcul. Principalele notații din cadrul

Tabelul 1

COD Tipul transformatorului	C_1										C_2	
											*	
400 MVA ; 231/400 kV	*											
400 MVA ; 231/400 kV		*										
360 MVA ; 126/400 kV			*									
200 MVA ; 121/231 kV				*								
200 MVA ; 121/231 kV					*							
200 MVA ; 126/220 kV						*						
160 MVA ; 121/231 kV							*					
125 MVA ; 231/121 kV								*				
100 MVA ; 110/110 kV									*			
100 MVA ; 110/110 kV										*		
Dublură												•
Tip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	120

programului, care prezintă interes pentru utilizator, sînt :

PARAM — tablou cu datele caracteristice ale transformatoarelor montate în sistemul electroenergetic național ;

MMP — codul autotransformatorului ;

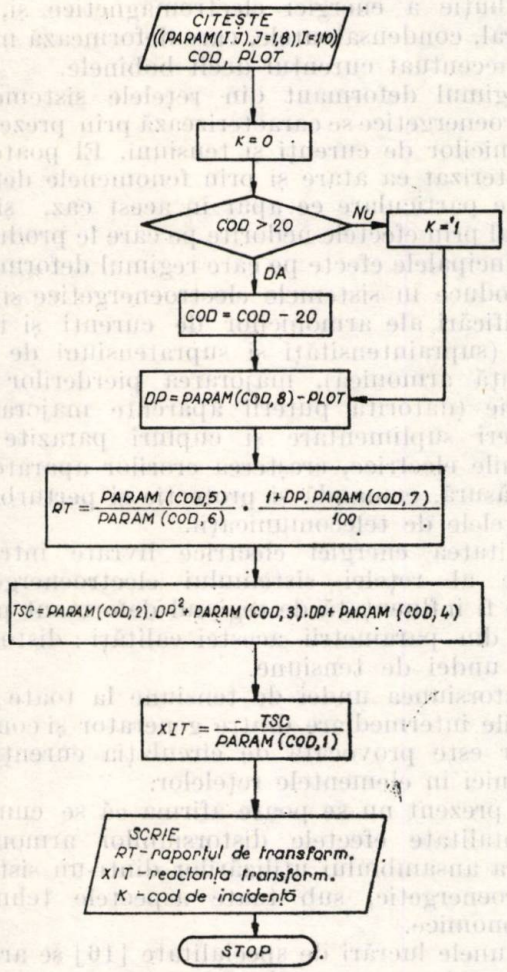


Fig. 6. Schema logică a programului de calcul ATR.

iw — plotul pe care funcționează autotransformatorul ;

RT — raportul de transformare al autotransformatorului ;

XIT — reactanța transformatorului raportată la tensiunea înaltă ;

K — cod care indică locul incidenței magnetice ; K = 0 pentru incidență magnetică la nodul p ; K = 1 pentru incidență magnetică la nodul q ; $p < q$.

Introducerea datelor

Se dă lista legăturilor din rețea prin P, Q, CØD, PLOT. Codul se ia din tabelul 1. CØD = = 0 și PLOT = 0 în cazul în care între nodurile p și Q există o linie electrică.

Concluzii

Lucrarea prezintă un algoritm și program de calcul pentru determinarea automată a schemei echivalente dipolare cu operator de transformare a transformatoarelor.

Reprezentarea transformatoarelor prin laturi longitudinale înseriate cu un transformator ideal de separare prezintă o serie de avantaje :

— tratarea unitară a transformatoarelor cu reglaj longitudinal (cu raport real de transformare), precum și a transformatoarelor cu reglaj longotransversal (cu raport de transformare complex) ;

— reducerea volumului ocupat în memoria calculatorului ;

— avantaje la sinteza rețelelor cu transformatoare.

Bibliografie

[1] Potolea, E. *Matrizenberechnung von elektroenergetischen Netzen mit Transformatoren.* În : Arhiv für Elektrotechnik, 53, nr. 5, 1970, p. 276—289.

[2] Darie, S. *Metode de sinteză folosite la calculul regimurilor sistemelor electrice.* Teză de doctorat, București, 1974.

[3] Darie, S. *Sinteza rețelelor electrice cu transformatoare cu reglaj longotransversal.* În : Energetica, 21, nr. 3, 1973.

[4] Auges, M. *Représentation de plusieurs sous-réseaux couplés magnétiquement par des transformateurs.* E.D.F. Service Etudes de Réseaux et Calcul Automatique, H.R.6.894/2 — PA/AMG, 16 Février, 1966.

(Articol intrat în redacție la 24 octombrie 1979)

Considerații cu privire la indicatorii regimului deformant în rețelele sistemului electroenergetic

Ing. R. Sfichi*

1. Considerații generale privind definirea, producerea și efectele regimului deformant

Apariția unui număr important de mari consumatori cu receptoare neliniare a intensificat în ultimul timp producerea fenomenelor deformante în rețelele sistemelor electroenergetice. Din categoria receptoarelor mai importante care prezintă caracteristica $u(i)$ neliniară, fac parte: instalațiile de mutatoare, cuptoarele electrice cu arc, dispozitivele de comandă cu tiristoare, instalațiile de sudură, lămpile cu descărcări în gaze sau vapori metalici, transformatoarele de putere și liniile de transport supratensionate (prin fenomenul corona).

Pentru a defini regimul deformant, se pleacă [3] de la faptul că funcționarea unei rețele electrice, oricare ar fi caracterul ei, trebuie să satisfacă teorema a doua a lui Kirchhoff, care poate fi scrisă în general sub forma:

$$\Sigma e = \Sigma Ri + \Sigma \frac{\mathrm{d}(Li)}{\mathrm{d}t} + \Sigma \int \frac{1}{C} i\mathrm{d}t + \Sigma u, \quad (1)$$

în care termenul $\Sigma \frac{\mathrm{d}(Li)}{\mathrm{d}t}$ conține atît t.e.m. de autoinducție, cît și pe acelea de inducție mutuală.

Din (1) rezultă că, pentru a exista regim deformant, este necesar și suficient ca cel puțin unul din parametrii rețelei să nu fie liniar, sau ca un semnal aplicat rețelei să fie nesinusoidal.

Așadar, apariția regimului deformant se datorează elementelor neliniare de transfer și transformare a energiei electromagnetice în alte forme de energie.

Rezultă, deci, că regimul deformant reprezintă regimul energetic ale cărui unde de curent și tensiune sînt periodice și cel puțin una dintre ele este nesinusoidală (deformată).

Aceasta înseamnă că, dacă un element neliniar sau o rețea care conține elemente neliniare este alimentată la o tensiune sinusoidală, curentul care rezultă în rețea este nesinusoidal.

Aceste elemente din sistemele electroenergetice, care produc direct apariția regimului deformant și care sînt, de altfel, unicele cauze de apariție a acestui regim, sînt denumite *elemente de prima speță* [1].

Elementele care nu sînt producătoare de regim deformant, dar care, fiind alimentate cu curenți deformanți, amplifică această deformație sînt denumite *elemente de speța a doua* [1].

Din această categorie de elemente fac parte, în mod deosebit, capacitățile electrice constante ale diferitelor tipuri de linii de transport și distribuție a energiei electromagnetice și, în general, condensatoarele, care deformează mult mai accentuat curentul decît bobinele.

Regimul deformant din rețelele sistemelor electroenergetice se caracterizează prin prezența armonicilor de curenți și tensiuni. El poate fi caracterizat ca atare și prin fenomenele deformante particulare ce apar în acest caz, și în special prin efectele nedorite pe care le produce.

Principalele efecte pe care regimul deformant le produce în sistemele electroenergetice sînt: amplificări ale armonicilor de curenți și tensiuni (supraintensități și supratensiuni de rezonanță armonică), majorarea pierderilor de energie (datorită puterii aparente majorate), pierderi suplimentare și cupluri parazite în mașinile electrice, creșterea erorilor aparatelor de măsură, comandă și protecție și perturbații în rețelele de telecomunicații.

Calitatea energiei electrice livrate într-un punct al rețelei sistemului electroenergetic poate fi influențată de regimul deformant prin unul din parametrii acestei calități: distorsiunea undei de tensiune.

Distorsiunea undei de tensiune la toate nivelurile intermediare dintre generator și consumator este provocată de circulația curenților armonici în elementele rețelelor.

În prezent nu se poate afirma că se cunosc în totalitate efectele distorsiunilor armonice asupra ansamblului utilizărilor dintr-un sistem electroenergetic, sub toate aspectele tehnice și economice.

În unele lucrări de specialitate [16] se arată că aportul consumatorilor casnici la „poluarea" cu armonici a rețelelor electrice de distribuție devine din ce în ce mai important și, într-un viitor previzibil, ponderea lor va deveni esențială.

Cert este că efectele cunoscute și cele mai puțin cunoscute ale regimului deformant au condus, în ultimii ani, la apariția unor noi probleme tehnico-științifice, pentru soluționarea cărora se impune evaluarea influenței armonicilor asupra dispozitivelor electrice, aprecierea nivelului de armonici generate de sursele din întreprinderi, prognoza tensiunii în diferite regimuri de funcționare a rețelelor electrice și combaterea regimului deformant prin minimizarea nivelului armonicilor.

2. Indicatorii regimului deformant

Pentru aprecierea efectului deformant al elementelor de speța întîi sau a doua, în scopul stabilirii oportunității luării măsurilor de com-

*) Romulus Sfichi este inginer principal proiectant I la I.R.E. Suceava.

pensare a regimului deformant, este necesar să se stabilească indicatorii limită admiși ai acestui regim.

Indicatorii regimului deformant constituie criterii de caracterizare a unei unde periodice nesinusoidale [3], [10].

Pînă în prezent, indicatorii acceptați (așa cum sînt prezentați în literatură și în normativele diverselor țări) sînt de regulă coeficienți adimensionali și exprimă un anumit raport al undelor periodice nesinusoidale față de acelea sinusoidale, utilizîndu-se în acest scop mărimile caracteristice ale regimului deformant.

Cu toate că se acordă un mare interes acestei probleme, pînă în prezent încă nu s-a stabilit în mod riguros un indicator unic care să caracterizeze limitele admise ale regimului deformant.

În cele ce urmează se vor trece în revistă, critic, indicatorii utilizați în mod curent, sau care se află în stadiu de propunere, în scopul stabilirii opțiunii pentru unii dintre aceștia.

a) *Coeficientul de deformare a undei periodice nesinusoidale* (d) este definit, conform prescripțiilor STAS 1893-65, prin raportul

$$d = \frac{|a - g|}{s}, \tag{2}$$

în care

a este ordonata unui punct de pe curba reprezentativă a undei periodice nesinusoidale date;

g — ordonata armonicii fundamentale a curbei reprezentative a undei periodice nesinusoidale date, corespunzătoare aceleiași abscise ca și pentru a;

s — amplitudinea armonicii fundamentale (fig. 1).

Pentru stabilirea armonicii fundamentale sînt necesare fie sinusoida echivalentă a curbei

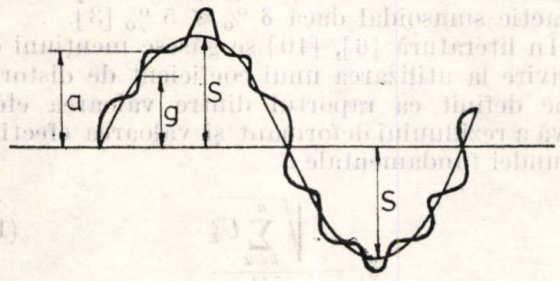


Fig. 1. Determinarea coeficientului de deformare.

reprezentative date, fie cel puțin 12 puncte ale acesteia.

Conform prevederilor STAS 1893-65, forma undei de tensiune poate fi considerată sinusoidală dacă:

— $d \leqslant 5\%$ pentru generatoare sincrone avînd $S > 1000$ kVA;

— $d \leqslant 10\%$ pentru generatoare sincrone avînd $S \in [100$ kVA, 1000 kVA$]$.

Aceste prescripții, care au la origine vechi prescripții VDE, nu dau nici o limită în ceea ce privește unda de curent. Indicatorul este practic inaplicabil [3] din cauza erorilor mari de determinare, chiar cu cele mai moderne osciloografe, iar în afară de aceasta, poate conduce la rezultate absurde [17].

b) *Factorul (coeficientul) de formă* (k_f) al unei unde periodice nesinusoidale reprezintă raportul dintre valoarea efectivă și valoarea medie a acesteia evaluate pe un interval de o semiperioadă.

Astfel, pentru o undă periodică nesinusoidală de tensiune cu valoarea efectivă pe o semiperioadă U și valoarea medie pe același interval U_{med}, valoarea factorului de formă este:

$$k_f = \frac{U}{U_{med}} \tag{3}$$

Considerînd, spre exemplu, o undă periodică impară nesinusoidală de tensiune de forma:

$$u(t) = U_0 + \sqrt{2} \sum_{k=1}^{\infty} U_k \sin k\omega t, \tag{4}$$

rezultă pentru U și U_{med} valorile:

$$U = \left(U_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k^2 \right)^{1/2} \tag{5}$$

$$U_{med} = \frac{2}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} \left(U_0 + \sqrt{2} \sum_{k=1}^{\infty} U_k \sin k\omega t \right) \mathrm{d}t =$$

$$= U_0 + \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k^{-1} U_k \tag{6}$$

Substituind (5) și (6) în (3), se obține:

$$k_f = \frac{\left(U_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k^2 \right)^{1/2}}{\frac{\pi U_0}{2\sqrt{2}} + \sum_{k=1}^{\infty} k^{-1} U_k} \cdot \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \tag{7}$$

Nici factorul de formă nu poate fi considerat un indicator concludent al unei unde nesinusoidale, deoarece [3] se pot găsi unde periodice nesinusoidale pentru care, în relația (7), avem egalitatea:

$$\left(U_0^2 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k^2 \right)^{1/2} = \frac{\pi U_0}{2\sqrt{2}} + \sum_{k=1}^{\infty} k^{-1} U_k$$

și, în acest caz $k_f = \pi/2\sqrt{2} = 1{,}111$, corespunzător undelor periodice sinusoidale.

Se pot da astfel de exemplu [3], [4] cînd o undă periodică nesinusoidală are acelaşi factor de formă ca şi o undă periodică sinusoidală.

c) *Factorul de vîrf sau creastă* (k_v) al unei unde periodice nesinusoidale se defineşte prin raportul dintre valoarea maximă a undei şi valoarea sa efectivă:

$$k_v = \frac{U_{max}}{U} \tag{8}$$

Factorul de vîrf prezintă importanţă [3], [4] numai în încercările de izolaţie la maşini, transformatoare şi aparate electrice.

d) *Coeficientul de conţinut în fundamentală* (k_F) al unei unde periodice nesinusoidale se defineşte [10] ca raportul dintre valoarea efectivă a undei fundamentale şi cea a undei totale:

$$k_F = \frac{U_1}{U} = \frac{U_1}{\sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} U_k^2}} \tag{9}$$

Coeficientul k_F pune în evidenţă ponderea undei fundamentale în conţinutul undei periodice nesinusoidale totale.

În cazul în care lipseşte termenul constant U_0 (componenta continuă), iar valorile armonicilor sînt determinate pe cale experimentală, dispunîndu-se astfel de un număr limitat de armonici pînă la rangul (ordinul) n, relaţia (9) devine:

$$k_F = \frac{U_1}{U} = \frac{U_1}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} U_k^2}} \tag{10}$$

Acest coeficient este folosit în unele lucrări practice de specialitate şi, după cît se cunoaşte, nu este normat ca limită minimă admisă în nici o ţară din lume.

Este de remarcat faptul că tot în lucrări practice de specialitate se întîlnesc şi alte variante ale acestui coeficient. Astfel, ponderea unei armonici de rang n în conţinutul unei unde periodice şi nesinusoidale se pune în evidenţă printr-un coeficient k_p, ce reprezintă raportul dintre valoarea efectivă a armonicii respective şi valoarea efectivă a fundamentalei:

$$k_p = \frac{U_k}{U_1} \tag{11}$$

Nici acest coeficient nu este limitat ca valoare maximă admisă în nici un act normativ.

e) *Coeficientul de distorsiune* (δ) al unei unde periodice nesinusoidale este definit ca raportul dintre valoarea efectivă a reziduului deformant şi valoarea efectivă a componentei alternative a undei:

$$\delta = \sqrt{\frac{U^2 - U_0^2 - U_1^2}{U^2 - U_0^2}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=2}^{\infty} U_k^2}{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2}} = \frac{U_d}{\sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} U_k^2}} \tag{12}$$

După cum se observă, în definirea coeficientului δ este înlăturată componenta continuă (U_0), care nu are nici o influenţă asupra abaterii undei periodice de la forma sinusoidală.

Acest coeficient, pozitiv şi subunitar ($\delta \in [0,1]$), a fost adoptat de Comitetul internaţional pentru studiul fenomenelor reactive şi deformante, în 1947, ca fiind criteriul de caracterizare a unei unde deformante.

Atunci cînd valorile armonicilor sînt determinate pe cale experimentală şi se dispune astfel de un număr limitat de armonici n, relaţia (12) se pune sub forma:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{k=2}^{n} U_k^2}{\sum_{k=1}^{n} U_k^2}} \tag{13}$$

Expresia (13) a coeficientului de distorsiune este cea utilizată în literatura tehnică din majoritatea ţărilor.

Trebuie precizat că nici acest coeficient nu este concludent, deoarece nu furnizează o indicaţie precisă asupra formei undei respective (există o infinitate de mărimi periodice cu acelaşi δ dat de (13), dar cu forme diferite, rezultate din defazajele relative ale armonicilor şi care nu sînt prinse în relaţia (13)).

Coeficientul de distorsiune δ definit prin (13) prezintă totuşi o utilitate apreciabilă, deoarece valoarea sa creşte monoton în raport cu oricare din valorile efective ale armonicilor.

O undă este considerată (în electroenergetică) practic sinusoidală şi regimul corespunzător practic sinusoidal dacă $\delta\ \% \leqslant 5\ \%$ [3].

În literatură [6], [10] se găsesc menţiuni cu privire la utilizarea unui coeficient de distorsiune definit ca raportul dintre valoarea efectivă a reziduului deformant şi valoarea efectivă a undei fundamentale:

$$\delta_1 = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{n} U_k^2}}{U_1} \tag{14}$$

Este uşor de constatat că între δ exprimat prin (13) şi δ_1 exprimat prin (14) există următoarea relaţie de legătură:

$$\delta = \frac{\delta_1}{\sqrt{1 + \delta_1^2}} \Leftrightarrow \delta_1 = \frac{\delta}{\sqrt{1 - \delta^2}} \tag{15}$$

Din (15) rezultă că dacă $\delta_1^2 \ll 1$, avem $\delta \approx \delta_1$.

Dacă $\delta_1 < 0{,}3$, egalitatea $\delta = \delta_1$ conduce la o eroare de 1,5%.

Aceasta înseamnă că la valori mici ale distorsiunilor, așa cum sînt definite prin (13) și (14), acestea coincid.

Definiția coeficientului de distorsiune adoptată și de țara noastră [11] este cea exprimată prin (13).

De altfel și distorsiometrele de fabricație curentă măsoară coeficientul de distorsiune definit ca în (13).

Comparînd (10) cu (13), rezultă că între coeficientul de distorsiune și coeficientul de conținut în fundamentală există relația de legătură :

$$\delta = k_F \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{n} U_k^2}}{U_1} = k_F \delta_1 ; \quad k_F = \frac{1}{\sqrt{1+\delta_1^2}} = \sqrt{1-\delta^2} \tag{16}$$

Relațiile (15) și (16) pun în evidență faptul că atît k_F cît și δ_1 sînt incluși de δ, astfel încît, deocamdată, coeficientul de distorsiune δ definit prin (13) este indicatorul de cea mai largă utilizare pentru caracterizarea regimurilor deformante.

În literatură [6] se întîlnește și o altă definiție a distorsiunii tensiunii în sistemele electroenergetice, exprimată prin raportul dintre suma aritmetică a valorilor efective ale tensiunilor armonice de rang $k > 1$, conținute în unda de tensiune și valoarea efectivă a fundamentalei.

Acest coeficient (Δ), adimensional, poartă denumirea de *ecartul teoretic maxim* și se exprimă prin relația :

$$\Delta = \frac{\sum_{k=2}^{n} U_k}{U_1} \tag{17}$$

În sprijinul coeficientului Δ, critica coeficientului de distorsiune δ calculat cu relația (13) se bazează pe observația că acest coeficient nu exprimă o măsură a gravității fenomenelor deformante în rețele, deoarece este prea puțin influențat de către armonicile de rang mare, care au amplitudini mici.

Or, fenomenele rezonante, amplificarea armonicilor în rețele, pot să producă o creștere a armonicilor de rang mai mare, pînă la valori periculoase, cu toate că aceste armonici au la sursă valori foarte mici.

În schimb, coeficientul Δ, exprimat prin (17), atribuie aceeași pondere tuturor componentelor armonice.

În diferite țări ale lumii este admisă, pentru valoarea coeficientului Δ, o limită maximă de 4...5 % în rețele mari cu regim constant [6].

Această limită s-a dovedit acceptabilă, fără pericol de perturbații, în exploatarea rețelelor sistemelor electroenergetice dintr-o serie de țări dezvoltate, avînd o pondere importantă de consumatori deformanți.

f) *Abaterea medie pătratică* (ΔP^2) reprezintă diferența dintre suma valorilor pătratice ale puterii transmise instantaneu, sumă mediată pe o perioadă, și pătratul mediei acestei valori considerate în același interval de timp (perioada T).

Acest indicator de calitate a puterii transferate într-un sistem electric, propus de curînd [15], se bazează pe cunoașterea fie a oscilogramelor curbelor de curent și tensiune, fie a oscilogramei curbei de putere.

Pentru primul caz, abaterea medie pătratică $\Delta P^2_{A,V}$ este :

$$\Delta P^2_{A,V} = \left(\frac{1}{T}\int_0^T u^2\,dt\right)\left(\frac{1}{T}\int_0^T i^2\,dt\right) - \left(\frac{1}{T}\int_0^T ui\,dt\right)^2 \tag{18}$$

În [15] se arată că :

$$\Delta P^2_{A,V} = P_f^2 = Q^2 + D^2, \tag{19}$$

în care P_f este puterea fictivă (complementară), Q — puterea reactivă și D — puterea deformantă.

În cazul al doilea, al cunoașterii oscilogramei curbei de putere, abaterea medie pătratică este :

$$\Delta P^2_p = \frac{1}{T}\int_0^T p^2\,dt - \left(\frac{1}{T}\int_0^T p\,dt\right)^2 \tag{20}$$

Se poate arăta prin dezvoltarea relației (20) că ΔP^2_p reflectă atît puterea fictivă (complementară) cît și pe cea fluctuantă.

Deocamdată acest indicator propus nu este folosit în lucrările practice de analiză a regimului deformant, deși acesta s-ar preta în a se include în criterii tehnico-economice de apreciere a acestui regim.

g) *Factorul deformant* (τ) *al regimului* reprezintă raportul dintre puterea totală deformantă și puterea totală nedeformantă :

$$\tau = \frac{D}{\sqrt{P^2+Q^2}} \tag{21}$$

După cum se observă, τ reprezintă un factor adimensional și servește pentru definirea factorului de putere în regim deformant :

$$K = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2+D^2}} \tag{22}$$

Dacă se notează cu ρ *factorul reactiv* al regimului deformant $\left(\rho = \frac{Q}{P}\right)$ se poate arăta [3] că :

$$K = \cos\varphi \cdot \cos\theta ; \quad \varphi = \operatorname{arc\,tg}\,\rho ; \quad \theta = \operatorname{arc\,tg}\,\tau \tag{23}$$

Este evidentă influența factorului deformant asupra factorului de putere.

Din (23) rezultă că regimul deformant este inexistent dacă $\theta = 0$, adică $\tau = 0 \Leftrightarrow D = 0$.

Se observă însă că nici acest indicator nu este concludent în caracterizarea regimului deformant.

3. Limitele admisibile ale regimului deformant

Toate indicațiile publicate în literatura de specialitate privind limitele regimului deformant iau în considerație, în mod deosebit, doi indicatori: distorsiunea tensiunii rețelelor și distorsiunea curentului. Ambii indicatori sînt definiți potrivit relației (13). Pe plan mondial, în momentul de față, limitele admise pentru valorile acestor indicatori sînt date, în genere, pentru justificarea și dimensionarea filtrelor de armonici prevăzute pe lîngă consumatori și se referă mai puțin la parametrii normați în exploatarea rețelelor de transport și distribuție.

În toate țările lumii, și mai ales în țările dezvoltate, avînd o pondere importantă de consumatori deformanți, se efectuează în prezent studii în vederea elaborării unor normative care să limiteze distorsiunea tensiunii și a curenților provocată de armonicile introduse în rețelele de transport și distribuție.

O serie de normative se referă la coeficientul de distorsiune al tensiunii, cu restricția, pentru fiecare consumator, să nu deformeze cu mai mult de 1% tensiunea rețelelor de înaltă tensiune și de 2% cea a rețelelor de joasă tensiune.

Alte normative se referă la coeficientul de distorsiune al curentului, care, de asemenea, nu trebuie să depășească, pentru consumatorii individuali, 1 %.

Aceste recomandări au în vedere cazurile în care consumatorii deformanți introduc în rețeaua de alimentare exclusiv armonici de rang impar [18].

Pentru cazul în care există și armonici de rang par, normativele sînt și mai severe.

În R.S.R. distorsiunea limită admisibilă a tensiunii în rețelele electrice, definită prin relația (13), nu este normată prin standarde, ci numai prin normativul PE 124/1978 [11], din care rezultă recomandarea ca valoarea coeficientului de distorsiune a tensiunii să nu depășească 5 %.

Este de reținut că această condiție ($\delta_U \leqslant 5$ %) are în vedere distorsiunea totală a tensiunii (rezultată din funcționarea receptoarelor unui consumator și condițiile din sistemul electroenergetic).

Coeficientul de distorsiune al tensiunii sistemului nu se poate determina decît pe bază de măsurători în rețea, acesta variind în limite importante în funcție de structura consumului, a rețelelor și a surselor din zona respectivă.

Rezultatele obținute pentru sistemul electroenergetic al R.S.R. sînt comparabile cu cele din alte țări [5], în sensul că valorile medii ale lui δ_U se situează între 1...5 %, în funcție de locul de măsurare.

Caracteristicile sistemului electroenergetic la bara de racordare a consumatorilor, din punct de vedere al coeficientului de distorsiune, sînt deosebit de importante în dimensionarea instalației de filtrare ce ar urma să se instaleze la consumatori, întrucît armonicile existente în sistem ar putea conduce la supraîncărcarea și deteriorarea filtrelor.

Ca și în alte țări, și în țara noastră s-au constatat valori însemnate de distorsiune a tensiunii, atît lîngă sursele de armonici cît și la distanțe mari față de acestea.

Experiența dovedește că pot fi permise distorsiuni de tensiune mai mari în rețelele de distribuție mai puțin întinse decît în sisteme mai mari, întrucît în sisteme, efectele periculoase pot fi foarte mult extinse și sînt mai greu de prevenit și de remediat [6].

Concluzii și propuneri

Din cele prezentate rezultă cu prisosință faptul că pînă în prezent încă nu s-a putut găsi un indicator unic și relevant al regimului deformant din sistemele electroenergetice. Chiar și coeficientul de distorsiune definit prin relația (13), utilizat de majoritatea țărilor, este criticabil, în sensul că acesta nu este absolut și nu are o acoperire riguroasă din punct de vedere tehnico-științific și cu atît mai puțin din punct de vedere economic.

Faptul că diferite țări normează coeficientul distorsiunii tensiunii în rețele la valori admisibile foarte diverse denotă că încă nu s-a putut găsi soluția optimă la scară globală în sensul stabilirii unor limite tolerabile ale regimurilor deformante.

Așa, de pildă, unele normative din unele țări [18] limitează valoarea raportului dintre puterea instalată a consumatorilor deformanți și puterea de scurtcircuit a rețelei de alimentare.

Principala cauză care ține pe loc deocamdată rezolvarea acestei probleme este necunoașterea în totalitate a efectelor distorsiunilor armonice asupra ansamblului utilizărilor dintr-un sistem electroenergetic sub toate aspectele tehnice și economice.

În afară de aceasta, ca urmare a caracterului aleatoriu al regimului deformant, toleranțele adoptate implică respectarea lor într-un plan statistic [5].

În unele țări au fost executate studii economice de ansamblu (similare cu cele privind alți indicatori de calitate ai energiei electrice), dar care n-au putut stabili în mod riguros indici

pentru aprecierea daunelor provocate în rețea de regimul deformant.

Toate acestea imprimă un caracter de rezolvare, deocamdată de la caz la caz, a problemei compensării regimului deformant generat de receptoarele neliniare ce se instalează în sistemul electroenergetic.

Astfel, în unele țări, limita admisă a distorsiunii tensiunii se stabilește la proiectarea instalațiilor de redresoare ca o obligație contractuală, din care decurge necesitatea de a monta filtre [9].

Pentru stadiul actual de dezvoltare a sistemului electroenergetic din țara noastră considerăm că reglementarea din PE 124/78 [11], care exprimă o condiție tehnică ($\delta_U \leqslant 5\%$), nu este suficientă.

Studiile efectuate în țara noastră [9], [10], [12], [18], [21], [22] în legătură cu regimul deformant al rețelelor sistemului electroenergetic atestă necesitatea ca nivelul admisibil al distorsiunii tensiunii, pe barele de alimentare a consumatorilor deformanți, să fie stabilit, de la o situație la alta, ca o condiție înscrisă în acordul unic pentru alimentarea cu energie electrică din sistem.

Distorsiunea admisă a tensiunii înscrisă în aceste acorduri (care au la bază studii de soluție) ar putea fi inferioară limitei maximei admise, așa cum este definită în [11].

Aceasta deoarece, în afara coeficientului de distorsiune a tensiunii, mai pot interveni și alte condiții tehnice de limitare a efectelor regimului deformant, din care să decurgă obligația consumatorului de a monta filtre.

Avem în vedere în acest sens, de exemplu, supraîncărcarea admisibilă a condensatoarelor montate la tensiunea medie a stațiilor de transformare de 110/MT ($U_{max} = \alpha_u U_n$, $I_{max} = \alpha_i I_n$) pentru compensarea energiei reactive.

Adoptarea și oficializarea acestui deziderat, privind aprecierea oportunității compensării regimului deformant la niveluri maxime admise de distorsiuni ale tensiunii sub limita prevăzută de [11], ar veni și în întîmpinarea limitării în viitor a efectelor acestui regim ca urmare a proliferării continue a micilor consumatori deformanți.

Bibliografie

[1] Budeanu, C. *Puissances réactives et fictives.* În: Buletinul I.R.E. București, 1927.

[2] Rosman, H. și Savin, Gh. *Circuite electrice liniare*, partea I, vol. II. Institutul politehnic Iași, 1974.

[3] Antoniu, I. S., *Bazele electrotehnicii*, vol. II. Editura didactică și pedagogică, București, 1974.

[4] Pușcașu, S. și Marcovici, J. *Mărimi și regimuri electrice nesinusoidale.* Editura Scrisul românesc, Craiova, 1974.

[5] Albert, H., Florea, I. și Iordănescu, I. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.* Editura tehnică., București, 1978.

[6] Ionescu, Al. *Combaterea efectului deformant al redresoarelor și cuptoarelor electrice în rețelele de distribuție.* Institutul central de documentare tehnică, București, 1969.

[7] Bercovici, M., Arie, A. A. și Poeată, Al. *Rețele electrice.* Editura tehnică, București, 1974.

[8] Libkind, M. S. *Vissie garmoniki genererumie transformatorami.* Izd. Akademii Nauk S.S.S.R., Moscova, 1962.

[9] Ionescu, Al. ș.a. *Rezultatele cercetărilor asupra regimului deformant în rețelele de medie și înaltă tensiune.* În: Lucrări tehnico-științifice I.R.M.E., 1969, nr. 8, p. 92—101, București, 1971.

[10] Gîrlașu, Șt. *Indicatorii regimului deformant la instalațiile energetice cu mutatoare.* În: Energetica, nr. 6—7, 1974.

[11] * * * M.E.E. PE 124/78. *Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali și similari.*

[12] Bărbulescu, D., Savin, Gh., ș.a. *Studiul regimului deformant al instalației electrice și proiectul tehnic al filtrelor de absorbție ale armonicilor la IUPS și CCH Suceava.* Contract de cercetare 25498/1976, Institutul politehnic Iași, 1978.

[13] * * * *Analiza regimului deformant din rețeaua de 6 kV și 110 kV de alimentare a Întreprinderii metalurgice Iași.* Contract de cercetare 1622/1975, ICEMENERG, București, 1976.

[14] Nicolau, Ed. ș.a. *Manualul inginerului electronist*, vol. I, Editura tehnică, 1979.

[15] Arie, A. A. *Considerații asupra fenomenului deformant. Stabilirea unui indicator de calitate dedus pe bază de măsurători efectuate cu bucla de putere.* Comunicare la sesiunea tehnico-științifică, Institutul politehnic Iași, 27—29 octombrie 1978.

[16] Lemoins, M. *Quelques aspects de la pollution des réseaux par les distorsions harmoniques de la clientèle.* În: RGE nr. 3, 1976.

[17] Budeanu, C. *Asupra formei de undă a mașinilor electrice.* În: Studii și cerc. energ. electr. II, București, 1952.

[18] Savin, Gh. și Rosman, H. *Surse de armonici în rețelele de transport și distribuție. Efecte și combaterea lor.* Comunicarea la sesiunea tehnico-științifică, Institutul politehnic Iași, 27—29 octombrie 1978.

[19] Savin, Gh. și Rosman, H. *Circuite electrice neliniare și parametrice.* Editura tehnică, București, 1973.

[20] Petrescu, Gh. *Factorul de putere în rețelele electrice.* Editura tehnică, București, 1957.

[21] Arie, E., Nicolae, P. și Cristea, H. *Principii de alegere a parametrilor instalațiilor de filtrare a armonicilor.* În: Studii și cercetări de energetică, vol. 13, nr. 2 A, București 1963.

[22] Sfichi, R. *Considerații privind posibilitățile de apariție a supratensiunilor de rezonanță armonică în liniile electrice de foarte înaltă tensiune.* În: Energetica, 27, nr. 1—2, 1979.

(Articol intrat în redacție la 14 mai 1979)

Releu pentru protecția transformatorului de curent la deschiderea circuitului secundarului

Ing. E. Covar *)

Articolul de față se referă la un releu care protejează transformatorul de curent împotriva efectelor întreruperii circuitului secundarului său și evită astfel distrugerea transformatorului de curent și deconectarea circuitului primar în care este montat transformatorul de curent. Nu sînt aplicate, de regulă, relee sau alte soluții tehnice pentru protecția transformatorului de curent la deschiderea circuitului secundarului său. În lipsa acestora, la deschiderea circuitului secundarului unui transformator de curent al cărui primar este parcurs de curent, apare încălzirea puternică a circuitului magnetic al transformatorului, care determină arderea înfășurărilor și chiar a izolației față de pămînt, dacă aceasta este din rășini sintetice, precum și o tensiune mare la bornele secundarului, care creează pericol de accidente umane sau de distrugere a unor aparate. De cele mai multe ori, distrugerea transformatorului de curent prezintă și dezavantajul că determină deconectarea circuitului primar în care este montat și, prin aceasta, întreruperea alimentării consumatorilor de energie electrică.

Releul propus pentru protecția transformatorului de curent la deschiderea circuitului secundarului înlătură aceste dezavantaje, prin aceea că, în scopul eliminării încălzirii circuitului magnetic și a tensiunii ridicate la bornele secundarului transformatorului de curent — ce apar la deschiderea circuitului secundarului în timp ce primarul este parcurs de curent — , utilizează : o bobină de tensiune, alimentată la tensiunea de la bornele secundarului transformatorului de curent, care închide un contact ce scurtcircuitează bornele secundarului în cazul în care tensiunea între aceste borne depășește o anumită limită, o bobină de curent care sesizează prezența curentului în circuitul secundarului și blochează acțiunea bobinei de tensiune cînd creșterea tensiunii la bornele secundarului se datorește creșterii curenților la scurtcircuite în circuitele primare, o lampă cu descărcări în gaze, care permite trecerea unui curent prin bobina de tensiune numai cînd tensiunea la bornele secundarului depășește valorile din regim normal de funcționare și determină aprinderea descărcării în gaze, și un contact care semnalizează personalului de exploatare întreruperea circuitului secundarului transformatorului de curent.

*) Eugen Covar este inginer proiectant principal III la IITPIC.

În cele ce urmează se dau două exemple de realizare în legătură și cu figurile 1, 2 și 3.

Exemplul 1

Releul propus cuprinde o bobină de tensiune *Bu* avînd un circuit magnetic *1*, conectată în serie cu o lampă *L* cu descărcări în gaze și

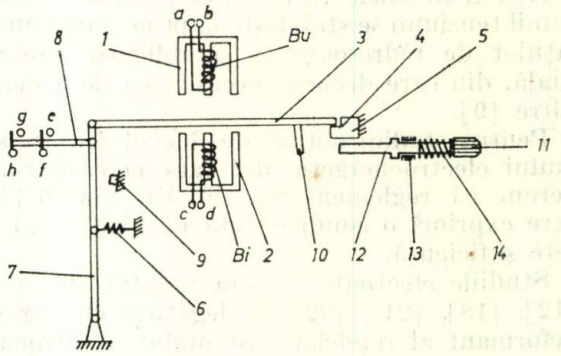


Fig. 1. Schema cinematică a releului.

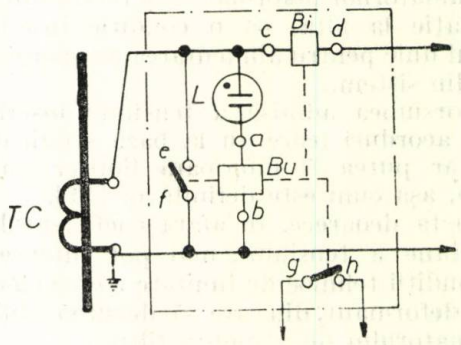


Fig. 2. Schema electrică de conectare a releului.

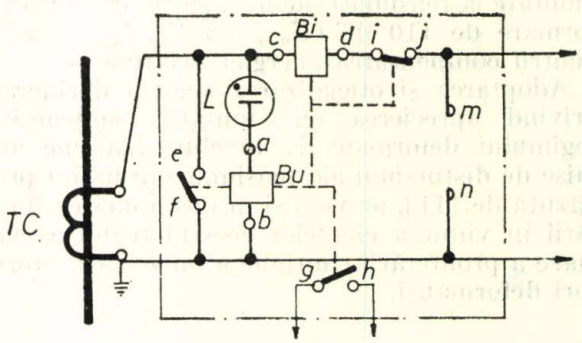


Fig. 3. Schema electrică de conectare a releului în variantă ce realizează și funcțiunea blocului de încercare.

racordate la bornele secundarului unui transformator de curent protejat, *TC*, așa cum se vede în figura 2. Curentul absorbit de aparatele de măsură și de releele de protecție, alimentate prin transformatorul de curent *TC*, parcurge o bobină de curent *Bi*, avînd un circuit magnetic *2*. Bobinele *Bu* și *Bi* exercită fiecare, cînd sînt parcurse de curent, o forță de atracție asupra unei tije *3*, așa cum se

vede în figura 1, acțiunile celor două bobine fiind contrare, iar cea a bobinei *Bi* fiind predominantă față de cea a bobinei *Bu*. În regim normal de funcționare, starea releului este aceea arătată în figura 1. Bobina *Bu* este parcursă de un curent extrem de mic, deoarece tensiunea la bornele secundarului transformatorului de curent *TC* este mai mică decît tensiunea de aprindere a lămpii *L* și nu este amorsată descărcarea în gaze. Prin urmare acțiunea bobinei *Bu* asupra tijei *3* este practic nulă, astfel că tija *3* rămîne sprijinită pe un umăr, *4*, al reazemului *5*, fiind și împinsă în umărul *4* de către un resort *6*, prin intermediul tijei *7* articulată cu tija *3*, iar două contacte, *e — f*, *g—h*, acționate prin tija *8*, rămîn deschise. Acțiunea bobinei *Bi* asupra tijei *3*, cînd bobina *Bi* este parcursă de curent, nu modifică această stare. În timpul unui scurtcircuit în circuitele primare, primarul și secundarul transformatorului *TC* sînt parcurse de curenți mult mai mari decît cei ce apar în regim normal de funcționare, iar tensiunea la bornele secundarului crește aproape proporțional cu curentul secundar, deoarece impedanța aparatelor conectate în secundar se menține aproximativ constantă. În această situație, tensiunea la bornele secundarului transformatorului de curent depășește tensiunea de aprindere a lămpii *L*, bobina *Bu* este parcursă de curent, dar acțiunea ei asupra tijei *3* este anulată de acțiunea bobinei *Bi* asupra tijei *3*, astfel că starea releului nu se modifică. După lichidarea scurtcircuitului din circuitele primare, curenții și tensiunile din secundarul transformatorului de curent revin la valorile din regim normal, iar descărcarea în lampa *L* încetează.

În cazul întreruperii circuitului ce alimentează aparate de măsură sau relee de protecție de la secundarul transformatorului de curent *TC*, bobina *Bi* nu mai este parcursă de curent, tensiunea la bornele secundarului transformatorului de curent *TC* crește, produce amorsarea descărcării în lampa *L*, bobina *Bu* este parcursă de curent și atrage tija *3*. Extremitatea tijei *3* iese din umărul *4*, resortul *6* trage tija *7*, care împinge tija *3*, capătul ei alunecînd deasupra reazemului *5*. Tija *7* se oprește într-un reazem *9*, înainte ca piciorul *10* al tijei *3* să ajungă la reazemul *4*. Contactele *e—f*, *g—h* se închid și scurtcircuitează bornele secundarului transformatorului de curent *TC*, respectiv semnalizează personalului de exploatare întreruperea circuitului secundar, cum se vede în figura 2.

După refacerea integrității circuitului secundar, releul este adus în starea inițială, prin apăsarea unui buton de rearmare *11* avînd o tijă *12*, care împinge în piciorul *10* al tijei *3*, pînă cînd capătul tijei *3* se reașază în umărul *4* al reazemului *5*. Contactele *e—f*, *g—h* se deschid și este reluată funcționarea normală. După încetarea apăsării asupra butonului *11*, acesta își revine la poziția inițială, determinată de opritoarele *13*, datorită resortului *14*.

În locul lămpii *L* cu descărcare în gaze, se pot utiliza două diode Zener identice, înseriate și avînd sensurile de conducție opuse.

Pentru funcționarea corectă a ansamblului transformator de curent — releu, este necesar să fie satisfăcute și următoarele condiții :

— În regim normal de funcționare curentul care parcurge bobina *Bu* (descărcarea în lampa *L* nefiind amorsată) trebuie să fie mult mai mic decît $\varepsilon \cdot I_{2n}$, în care ε este eroarea transformatorului de curent *TC*, conform clasei de precizie nominale, iar I_{2n} este curentul nominal secundar al acestuia. Astfel influența releului asupra erorilor de măsură devine neglijabilă.

Dacă această condiție se poate realiza fără lampa *L*, se poate renunța la lampa *L*.

— În regim de scurtcircuit în circuitele primare, descărcarea în lampa *L* fiind amorsată, curentul absorbit de bobina *Bu* trebuie să fie suficient de mic față de curentul secundar al transformatorului de curent *TC*, încît să nu influențeze funcționarea releelor de protecție alimentate de transformatorul de curent.

— Apăsarea butonului de rearmare *11* asupra piciorului *10* al tijei *3* trebuie să creeze, pe lîngă forța de împingere, și un cuplu care să rotească tija *3* pentru a-i așeza capătul în umărul *4* al reazemului *5*. Acțiunea bobinei *Bu* asupra tijei *3* trebuie să facă inoperantă acțiunea butonului *11* asupra tijei *3*.

— Releul va avea un indicator optic de acționare.

Exemplul 2

Releul prezentat în exemplul 1 poate să realizeze și funcția blocului de încercare dacă, așa cum se arată în figura 3, i se adaugă un contact *i—j* acționat tot de tija *8*, două borne — *m*, *n*, — de conectare a unor conductoare ce fac legătura cu o trusă de curent pentru verificări de relee și o posibilitate de acționare manuală a releului, care nu a mai fost figurată. Contactul *i—j* trebuie să se deschidă numai după ce s-a închis contactul *e—f*, și invers, contactul *e—f* se deschide numai după ce s-a închis contactul *i—j*.

Releul pentru protecția transformatorului de curent la deschiderea circuitului secundarului prezintă următoarele avantaje :

— elimină pericolul de distrugere a transformatorului de curent sau a altor aparate legate în secundarul acestuia ;

— elimină pericolul de electrocutare ;

— se evită deconectarea circuitului primar în care este montat transformatorul de curent ;

— poate prelua, cu mici adăugiri, și funcția blocului de încercare;

— semnalizează personalului de exploatare deschiderea circuitului secundarului transformatorului de curent.

Bibliografie

[1] Călin, S. și Marcu, S. *Protecția prin relee a sistemelor electrice*. Editura tehnică, București, 1969.

[2] Badea, C. ș.a. *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice*, Editura tehnică, București, 1973.

(Articol intrat în redacție la 24 martie 1979).

ENERGETICA peste hotare

Tendințe de generalizare a valorificării energetice a deșeurilor urbane *)

Ing. P. Cartianu

Recuperarea și refolosirea tuturor materiilor prime și materialelor rezultate din procesele de producție și de consum va trebui să devină în viitor, așa cum se preconizează în Directivele Congresului al XII-lea al P.C.R., „o sursă tot mai importantă de acoperire a necesităților dezvoltării economiei naționale".

Între acestea sînt și deșeurile urbane, care pot fi considerate o microresursă energetică. Oportunitatea folosirii lor își face loc din ce în ce mai mult nu numai datorită posibilității obținerii de energie, ci și datorită îmbunătățirii condițiilor de salubritate ale aglomerațiilor urbane, precum și datorită eventualelor recuperări de materiale folosibile.

Totuși, în prezent, ca și în trecut, se mai practică larg depunerea lor în afara orașelor, în locuri izolate, de preferință spre a umple zone depresionare naturale sau excavații făcute pentru diferite scopuri, unde prin fermentare și alte fenomene, de lungă durată, se tasează și dau terenuri nivelate utilizabile.

Aspecte principale ale tehnologiei actuale de valorificare a deșeurilor urbane

Deșeurile urbane, provenind în principal din activitatea gospodărească în locuințe, sînt amestecuri cu conținut complex și variabil. Ele cuprind și materiale utilizabile în mare parte drept combustibil și altele, hîrtie, masa plastice, metale feroase, metale neferoase, sticlă, ceramică etc., care pot fi valorificate prin diferite tehnologii.

Față de asemenea conținuturi în amestec, s-a preconizat și se practică în unele orașe separarea prin operații efectuate chiar la locul de producere a deșeurilor sau ulterior, prin mijloace tehnologice. Rezultatele sînt limitat satisfăcătoare, și de aceea, înainte de a se organiza procese de separare, trebuie studiate avantajele. Se impune însă colectarea și transportul separat al unor deșeuri speciale, cum sînt cele contaminate de la spitale, unele laboratoare, unele industrii etc.

Totuși, sortarea tehnologică este o preocupare în unele țări. Ca exemplu, au fost efectuate cercetări, cu rezultate interesante, în Anglia, la Institutul tehnologic de la Warren Spring, lîngă Stevenage, în nordul Londrei. Ca urmare, o experimentare pe scară mare a separării prin mijloace tehnologice s-a făcut în orașul metalurgic și carbonier Newcastle upon Tyne, din Northumberland, cu circa 300 000 locuitori, în care se produc circa 100 t deșeuri urbane/zi.

În prima etapă s-a construit o instalație de separare magnetică a produselor de oțel, inclusiv cutiile de conserve cositorite, operație care se face pe traseul transportării deșeurilor printr-un conveier. Metalul rezultat este trimis industriei metalurgice, unde operația principală este recuperarea cositorului; reziduurile după separarea metalului sînt comprimate și apoi depozitate. În a doua etapă este prevăzută o instalație de separare și a hîrtiei în vederea aglomerării ei și a folosirii drept combustibil. Se susține că toate cheltuielile sînt acoperite de valoarea produselor valorificate.

O instalație mult mai complexă este în curs de executare la Doncaster, în Yorkshire, oraș carbonier și metalurgic, cu mai puțin de 100 000 locuitori. Se vor separa: oțelul, metalele neferoase, sticla pe culori, hîrtia în două sorturi, folosibilă ca masă celulozică sau drept combustibil.

Cu toate aceste soluționări, practica actualmente generalizată la valorificarea energetică

*) Articolul semnalează tendințele actuale în străinătate și în R.S.R. de folosire a acestei microresurse energetice și exemplifică pe un caz cunoscut direct de autor, instalațiile din Viena.

a deșeurilor este folosirea drept combustibil a întregii mase colectate și separarea numai după ardere a metalului rezultat.

Cunoașterea compoziției și a proprietăților de ardere ale deșeurilor, precum și variația lor sezonieră este o cerință primordială a oricărui proiect de valorificare. Soluțiile adoptate în diferite țări sînt interesant a fi cunoscute, dar trebuie privite în raport cu condițiile specifice ale produselor de care se dispune.

În multe orașe europene, deșeurile au unele calități superioare ligniților inferiori. Puterea calorică, variabilă după localitate și anotimp, este în general între 1000 și 2000 kcal/kg, dar limita aceasta poate fi depășită. La Solingen, R.F.G., măsurătorile efectuate sistematic între 1970 și 1976 au dat valori medii anuale între 1942 și 2280 kcal/kg, cu observația că 30% din deșeuri rezultă din activitatea industriilor și atelierelor meșteșugărești. Aceste deșeuri, ușor inflamabile, ard cu mare viteză și dezvoltă pe grătar temperaturi înalte, de 450°C, ceea ce a impus tratarea specială a focarului. În R.S.R. puterea calorică a deșeurilor este în general de maximum 800 kcal/kg.

Procedeele de valorificare energetică a deșeurilor sînt piroliza și combustia directă.

Piroliza este termenul general pentru mai multe procese: uscare, degazare, gazeificare, ardere incompletă și topire, conducînd la generarea de gaze combustibile, cu putere calorică de 3300—6300 kJ/m³. Este aplicată pînă acum mai mult experimental, dar este foarte promițătoare. O instalație în acest scop cuprinde în principal: pirolatorul sau generatorul de gaze, cu structură analoagă cu a unui furnal la scară redusă, și camera de ardere, din care se obține gazul combustibil, folosibil pentru alimentarea cazanelor.

Instalații de acest fel sînt în funcțiune în R.F.G., la Frankfurt pe Main, în Anglia, în cîteva localități, etc.

Convertirea deșeurilor prin combustie se face în microcentrale termice, termoelectrice sau de termoficare, în general pe abur saturat.

Deoarece debitele zilnice de deșeuri sînt moderate și variabile, spre a realiza condiții mai avantajoase economic, microcentralele sînt totdeauna bicombustibile, adică folosesc și un al doilea combustibil — păcură sau gaze — și mixte, adică conțin și blocuri care funcționează exclusiv pe combustibil clasic.

Aspectele specifice ale microcentralelor privesc ciclul deșeurilor, arderea, tratarea reziduurilor arderii și măsurile de protecție a mediului.

Aduse la microcentrală prin autovehicule speciale de transport, deșeurile sînt cîntărite și apoi deversate în compartimentele de primire. De acolo, prin mașini de ridicat și manipulat, în general poduri rulante și graifăre, sînt depozitate în buncăre și apoi transferate treptat în pîlniile de alimentare ale cazanelor. Această secțiune de primire, stocare și manipulare poate fi concepută în cîteva variante. În toate, postul de comandă manuală a mașinilor de ridicat și manipulat este etanș, separat de ambianța deșeurilor. Deșeurile contaminate din spitale, unele industrii etc. sînt primite în conteinere speciale și conținutul lor este transferat direct la ardere, fără stocare.

Cazanele sînt cu grătare de diferite tipuri. Corodarea este prevenită prin amestecarea reziduurilor, dar și prin aplicarea unor măsuri constructive: arderea în camere separate, temperaturi de supraîncălzire limitate la 400°C, acoperirea țevilor cu straturi protectoare și îmbrăcarea pereților focarelor cu materiale rezistente.

Evitarea poluării atmosferice impune studierea și adoptarea de măsuri potrivite pentru tratarea gazelor de ardere, după compoziția deșeurilor. Cel mai frecvent se adoptă electrofiltre și coșuri înalte.

În mai toate țările sînt preocupări pentru limitarea conținutului nociv al acestor gaze. Astfel, în R.F.G. se impun următoarele valori maxime: emisii pulverulente 100 mg/m³, compuși gazoși ai clorului 100 mg/m³, idem ai fluorului 5 mg/m³, monooxid de carbon 1 g/m³. Pentru gazele arse ale altor feluri de deșeuri decît cele urbane, limitele dau alte valori. În S.U.A. prescripțiile sînt mai restrictive.

Cîteva mențiuni care urmează orientează asupra generalizării valorificării energetice a deșeurilor.

Dintre țările lumii, Japonia practică pe scară largă convertirea în energie a deșeurilor urbane. Astfel, orașul Tokio, cu o populație de 11,6 mil. locuitori, dispune de 11 centrale.

În R.F.G. sînt 39 instalații de ardere a deșeurilor cu 111 agregate, în orașele: Bremerhaven, Darmstadt, Düsseldorf, Essen, Hamburg, Kiel, Krefeld, Leverkusen, München, Nürnberg, Offenbach, Rosenheim, Solingen, Stuttgart, Wuppertal etc. În Elveția: Geneva, Zürich, Lucerna, Hinwill etc.; în Olanda: Dordrecht; în Austria: Viena.

O mare dezvoltare s-a dat tratării deșeurilor urbane în zona pariziană. Întreaga aglomerare de 10 mil. locuitori produce anual 3,5 mil. t deșeuri urbane, care sînt tratate în următoarele moduri: incinerare cu producere de căldură, compostare, transformîndu-le în îngrășăminte, și depozitare în anumite locuri, cu costuri (1978) respectiv de 60 F/t (după ce s-a scăzut valoarea căldurii obținute), 25—35 F/t și 20—25 F/t.

În partea centrală a aglomerării pariziene, producătoare de 1,6 mil. t/an, întreaga cantitate de deșeuri este incinerată în trei centrale termice: Issy-les-Moulineaux, Saint-Ouen și Ivry-sur-Seine. Căldura obținută este vîndută prin „Compagnie parisienne de chauffage urbain". Se prevede mărirea capacității de tra-

tare la 2 mil. t, prin construirea a trei noi centrale : Romainville, Nanterre și Creteil, și realizarea unei economii de 0,2 mil. tep/an.

Valoarea de investiție a unei centrale este de 50 mil. F pentru 100 000 t deșeuri (pe baza prețurilor la nivelul anului 1978).

Deșeurile în cantitate de 0,6 mil. t/an, produse în partea exterioară a aglomerării urbane, sînt tratate în 19 centre de incinerare, de compostare și mixte, iar 1,3 mil. t sînt depozitate de preferință în cariere dezafectate, care, după umplere, sînt transformate în parcuri. În total sînt prevăzute 28 spații de depozitare.

Orașul Stockholm a decis să construiască în apropiere, la Lövsta, o instalație centralizată de generare a biogazului cu o capacitate de 50 000 t deșeuri urbane/an, care va fi pusă în funcțiune în 1980, soluție diferită de cele de mai sus.

Acțiuni în R.S.R.

Valorificarea deșeurilor, inițiată de Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie, a condus la inventarierea acestor resurse și, ca urmare, între măsurile luate este de semnalat programul de folosire a deșeurilor menajere în scopul producerii de căldură, utilizabilă în rețelele urbane de termoficare. S-a adoptat concepția unor instalații modulate pe baza unei unități tipizate, ceea ce permite realizarea capacităților productive necesare prin asamblarea numărului de unități necesare.

Ca urmare a rezultatelor obținute cu o instalație-pilot, s-a trecut la una experimentală, pe baza căreia vor putea fi executate linii de valorificare a deșeurilor menajere în București și în principalele orașe ale țării. Produsele obținute vor fi : căldură, oțel și material pentru fabricarea de cărămizi.

Valorificarea deșeurilor urbane într-un oraș mare european — Viena

Alimentarea cu energie electrică și cu căldură a orașului

Ansamblul centralelor electrice locale ale orașului Viena însumează (1979) circa 1200 MW, dintre care principalele sînt : centralele termoelectrice Simmering — 1055 MW (din care 280 MW pentru producerea căldurii), Donaustadt — 325 MW, centrala cu turbină cu gaze Leopoldau — 100 MW (pentru vîrfuri și rezervă) și centralele hidroelectrice Opponitz și Gaming — 14 MW. În perspectivă sînt prevăzute, pînă la nivelul anului 1990, extinderi însumînd 470 MW : un agregat cu turbină cu gaze în 1984—1985 și un bloc cu turbină cu abur pentru termoficare de 370 MW, în 1986—1987. Din totalul energiei electrice consumate anual, circa 65 % provine din centralele locale și circa 35 % din sistem.

Producerea de căldură centralizat pentru distribuire constituie o preocupare de peste zece ani. Realizările în acest interval s-au limitat la microcentrale termice zonale, la microcentrale de termoficare locale și la două microcentrale de termoficare zonale pe deșeuri, dintre care cea mai recentă, Spittelau, prezintă interes prin capacitate și soluții.

Un pas important în termoficare se va face însă ca urmare a punerii în funcțiune, în centrala Simmering, a unui bloc de termoficare de 436 MW, cu ciclu mixt gaze-abur, compus din : un agregat cu turbină cu gaze înaintașă de 58,5 MW, cazan de abur Benson, de 1040 t/h, cu recuperare pentru gazele de ardere ale turbinei (500°C) și pe combustie pe păcură și gaze ; agregat cu turbină cu abur cu condensație și prize reglabile, de 377,5 MW (puterea este de numai 312 MW la preluarea în căldură a 280 MW)*).

Randamentele blocului sînt printre cele mai înalte : 43 % la producerea numai de energie electrică și 69 % la producerea de energie electrică și căldură. Preocuparea de extindere a termoficării este manifestată prin intenția de a se instala încă un bloc de 370 MW, cum s-a menționat mai sus.

Pentru întreaga Austrie, după studiul de perspectivă al prof. Musil, pînă la nivelul anului 1991 este avantajos, atît energetic cît și economic, ca 19 % din necesarul de căldură la temperatură joasă (16 000 — 19 000 Tcal/an), exclusiv necesarul industriei, să provină din centrale de termoficare însumînd 3000 MW.

Microcentrala de termoficare pe deșeuri Spittelau

A fost concepută spre a se realiza o instalație cu caracter experimental, dar și economică, și în acest scop este bicombustibilă și mixtă (produce abur și apă fierbinte).

A fost pusă în funcțiune în 1971 și ultima unitate a fost instalată în 1977. Este amplasată spre periferie, dar în incinta orașului, spre a se evita transporturi pe distanțe mari ale autovehiculelor colectoare de deșeuri și spre a alimenta avantajos cu căldură consumatori din zona centrală, cu un debit racordat de 184 Gcal/h.

Deșeurile orașului sînt de circa 470 000 — 525 000 t/an, din care în centrala de termoficare sînt arse circa 210 000 t/an, adică 40—45 %, rezultînd 30—33 % cenușă și zgură și circa 1,6 % reziduuri metalice.

În condiții obișnuite, puterea calorică a deșeurilor variază între 1000 și 1800 kcal/kg, dar uneori limita maximă este depășită ; masa specifică medie este de 250 kg/m^3.

*) Un bloc pe ciclu mixt gaze-abur a mai fost pus în funcțiune, în 1978, în Austria, în centrala Theiss, compus din : agregat cu turbină cu gaze de 72 MW, cazan de abur de 850 t/h și agregat cu turbină cu abur de 235/250 MW.

Microcentrala cuprinde în principal:

— un subansamblu producător de abur și de energie electrică, compus dintr-un bloc și un agregat turbogenerator;

— un subansamblu din cinci cazane de apă fierbinte.

Dublul bloc este constituit din două cazane de tip cu radiație, cu circulație naturală, cu două camere de combustie, arzînd deșeuri pe grătare și păcură prin injectoare, pentru a produce abur saturat la 32 bar.

La ardere numai de deșeuri, 15 t/h, debitul de abur pe cazan este de 30—35 t/h, corespunzînd la 15—17,5 Gcal/h. Debitul poate crește la 60 t/h, prin adăugarea arderii de păcură; deci dublul bloc poate produce maximum 120 t abur/h, respectiv 30 Gcal/h. Grătarul este de tip cu avansare, din două benzi, în 15 trepte, cu lungime totală de 8,05 m și lățime totală de 4,56 m, corespunzînd unei suprafețe utile de 36,7 m^2.

În cazul în care puterea calorică a deșeurilor depășește 1800 kcal/kg, cantitatea orară de ars scade sub 15 t.

Turboagregatul, care servește numai la alimentarea serviciilor proprii, are o putere de 2,0 MW, 1500 rot/min, cu un debit de înghițire de maximum 60 t abur saturat/h, presiunile la admisie și contrapresiune de 30 bar și 8 bar.

În două boilere se obține apa fierbinte trimisă în rețeaua de termoficare, temperaturile fiind la plecare și întoarcere de 150 și 80°C. Alimentarea rețelei se poate face și prin trei stații de reducere, care intră în funcțiune în cazurile de indisponibilitate a agregatului și depășire a debitului de 30 Gcal/h. Condensatul din boilere este pompat în rezervorul de alimentare și de acolo în cazane.

Gazele de ardere, în cantitate de 35 000—80 000 m^3/h/cazan, după condițiile de exploatare și puterea calorică, străbat o cameră de omogenizare și un separator, după care urmează electrofiltrul, construit pentru un grad de reținere de 98,75—99,5 %, adică limitînd în final conținutul de praf sub 100 mg/m^3.

Coșul de fum, cu trei căi de gaze, are o înălțime de 120,20 m deasupra solului.

Din arderea pe două cazane a 30 t deșeuri/h rezultă un amestec de zgură, cenușă de la filtre și reziduuri metalice, în cantitate de 9 — 10 t/h. După separarea magnetică a rezidurilor metalice, restul este depozitat într-un buncăr, care poate primi produsele a trei zile de funcționare. De acolo sînt transportate la un depozit final, în vederea folosirii ca material de construcție.

Reziduurile metalice sînt comprimate la 300 bar, de o presă, obținîndu-se blocuri cubice cu latura de 0,4 m, care sînt introduse în conteinere putînd prelua 9 t. În final, acestea sînt predate industriilor care le utilizează.

Cazanele de apă fierbinte sînt de două tipuri.

Două cazane a 45 Gcal/h sînt de radiație, cu străbatere forțată, cu o suprafață de ardere de 2480 m^2 și conținut de apă de 23 m^3, arzînd păcură grea, cu conținut de sulf de 1,5—2 %, maximum 3 t/h, pentru încălzire la maximum 150—170 °C.

Cu patru pompe a 410 t/h se asigură circulația în total a 1200 m^3/h.

Trei cazane a 16 Gcal/h sînt de tip cu tub de flacără (Cornwall) și țevi de gaze, adică un volum mare de apă, cu suprapresiune în focar, avînd o suprafață de ardere de 550 m^2 și un conținut de apă de 40,4 m^3, presiune 20 bar, consumînd 1 t combustibil special/h.

Spre a evita coroziunea la temperaturi joase, apa returului la 80°C, la fiecare cazan este amestecată cu apă de plecare, și în felul acesta se menține o temperatură de intrare în cazan de 130°C la primele două și de peste 100°C la celelalte trei.

Păcura este stocată în cinci rezervoare, însumînd 4000 m^3; unul dintre rezervoare stochează păcură cu conținut redus de sulf, care este folosită în perioada în care starea atmosferică impune măsuri de protecție a mediului. Rezerva de 4000 m^3 este suficientă pentru opt zile, perioadă cu mult acoperitoare.

De la microcentrală, apa fierbinte este transportată prin trei magistrale (dus-întors) cu diametre de 600, 400 și 350 mm pentru capacități de 150, 60 și 45 Gcal. Temperatura și presiunea la plecare sînt de 150°C și 17 bar.

În curs de șase ani de exploatare, circa 40 000 h de funcționare, microcentrala Spittelau a valorificat circa 1 mil. t deșeuri, respectiv un volum de 4 mil. m^3, aduse în 363 486 transporturi automobile, producînd circa 1,36 mil. Gcal și 50 GWh și rezultînd 366 000 t zgură și cenușă, din care s-au separat 16 000 t metal. Prin această valorificare s-au economisit 212000 t păcură grea, în medie o tonă deșeuri echivalînd cu 0,212 t păcură. La economia de păcură trebuie adăugată și aceea de carburant a autovehiculelor care au transportat deșeurile pe distanțe mai scurte decît în cazul depozitării în afara orașului. Energia electrică produsă a acoperit aproape tot consumul serviciilor proprii, care este de 40 kWh/t deșeuri.

Costul de producere a căldurii pe deșeuri este mai mare decît pe hidrocarburi, datorită cheltuielilor mai ridicate pentru personal, întreținere și reparații.

Concluzii

Valorificarea deșeurilor urbane răspunde imperativelor actuale energetice, de salubritate și ecologice.

În ce privește mărimea aportului energetic vom menționa punctul de vedere, exprimat la primul simpozion internațional de tratare a deșeurilor, că ele pot acoperi circa 1 % din

necesitățile de energie electrică și circa 3% din necesitățile de căldură ale teritoriului urban de pe care au fost colectate.

Bibliografie

[1] * * * *Proceeedings 1st International Symposium „Materials and Energy from Refuse"*, Antwerpen, 1976.

[2] * * * Bundesministerium für Forschung und Technologie. *Gesamtstudie über die Möglichkeiten der Fernwärmeversorgung aus Heizkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland*, 1973.

[3] Stein, H. și Prenzlow, W. *Anwedungstechnik von Feuerfestmaterialen in der Feuerung einer Kommunalen Müllverbrennungsanlage.* In: VGB nr. 5, 1877, p. 341—344.

[4] * * * *Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz — Technische Anleitung zur Reinheitung der Luft* (TA — Luft), 1974.

[5] Reissmann, H. *Rauchgasreinung und Rauchgaswäsche bei Müllverbrennungsanlagen.* În: VGB, nr. 4, 1976, p. 252—257.

[6] Tanitschek, F. *Zu den Themen unkonventionelle Stromerzeugung, Wärme-Kraft-Kupplung, Wärmepumpfen un Abwärmeverwertung.* În: ÖZE, nr. 4, 1979, p. 253—263.

[7] Rasch, R. *Thermische Müllbehandlung.* În: BWK, nr. 4, 1978, p. 164—167.

[8] Rasch, R. *Stoffliche und energetische Nutzung von Müll.* În: BWK, nr. 1, 1977, p. 40—41.

[9] Dirke, E. *Die Hochtemperaturpyrolyse — Auflage Frankfurt am Main.* În: VGB. nr. 8, 1979, p. 657—662.

[10] Haussmann. R. *Fernwärmeversorgung, Wärmekraftkupplung — Probleme unsere Energieversorgung.* În: ÖZE, nr. 8, 1978, p. 251—258.

[11] * * * *Das neue Bloockkraftwerk der Wiener Elektrizitätswerke.* În: ÖZE, nr. 11/12, 1978, p. 391—392.

[12] Pöhl, H. ș.a. *NEWAG — Kraftwerk Theiss B, eine kombinierte Gasturbine — Dampfturbine Kraftwerksanlage für den Einsatz im Mittellastbereich.* În: ÖZE, nr. 9, 1976, p. 273—291.

[13] * * * *H.B.W. Fernwärmewerk Spittelau.*

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1980

CRONICA

Activitatea CIGRE și informarea tehnică prin revista „Electra"

Conferința Internațională a Marilor Rețele Electrice de Înaltă Tensiune — CIGRE — este o organizație tehnico-științifică internațională neguvernamentală cu sediul la Paris, la care țara noastră este afiliată, și care are scopul de a stimula progresul tehnic în domeniul concepției și funcționării echipamentelor electrice, liniilor și stațiilor electrice, precum și al planificării și funcționării sistemelor energetice, prin facilitarea schimburilor de informații tehnico-științifice în aceste domenii.

GIGRE își desfășoară activitatea în cadrul sesiunilor bienale și în cadrul a 15 comitete internaționale de studii cu activitate permanentă, din care fac parte specialiști de înaltă calificare din diverse țări. Aceștia organizează anchete, sinteze internaționale și studii în comun, asupra tuturor problemelor importante care condiționează progresul în domeniile lor de activitate.

Cele 15 comitete de studii (grupe) ale CIGRE au următoarele tematici:

Echipamente

11. Mașini rotative
12. Transformatoare de putere
13. Întrerupătoare
15. Materiale electroizolante

Instalații

21. Cabluri electrice de înaltă tensiune
22. Linii electrice aeriene
23. Stații electrice

Sisteme energetice

31. Planificarea sistemelor energetice
32. Exploatarea, comanda și reglajul sistemelor energetice
33. Supratensiuni și coordonarea izolației
34. Protecție
35. Teletransmisii, telecomunicații
36. Perturbații
41. Viitorul transporturilor și sistemelor energetice

Cu ocazia sesiunilor bienale CIGRE, se publică rapoartele sesiunilor CIGRE, cu contribuțiile specialiștilor din diverse țări și cu rezultatele obținute de comitetele de studii.

Între sesiuni, CIGRE editează și difuzează *exclusiv* membrilor săi *revista ELECTRA*, o revistă de înalt nivel tehnic, care apare la fiecare două luni și în care se publică în limbile engleză și franceză rezultatele mai importante obținute de comitetele de studii și contribuțiile de valoare deosebită aduse de specialiștii din comitete. De exemplu, nr. 66 (octombrie 1979) al revistei Electra are următorul conținut :

- Fiabilitatea marilor motoare electrice.
- Specificații de încercări privind performanțele de închidere ale întrerupătoarelor. II — Întrerupătoare echipate cu rezistențe de închidere.
- Calculul caracteristicilor cablurilor cu răcire forțată în regim permanent.
- Contor de lovituri de trăsnet perfecționat.
- Aplicații, experimentări și dezvoltări în domeniul protecțiilor liniilor de transport care utilizează legături de transmisie.

Revista *ELECTRA* poate fi procurată prin simpla înscriere ca membri individuali la CIGRE, fără taxe suplimentare pentru abonamentul la ELECTRA.

Calitatea de membru CIGRE dă posibilitatea participării, cu taxe reduse la înscriere, la sesiunile CIGRE ce au loc la Paris la fiecare doi ani, membrii CIGRE primind invitații individuale la sesiune.

La propunerea Comitetului Național Român CIGRE, specialiștii membri CIGRE pot deveni membri în comitetele de studii și grupele de lucru ale acestora, participînd astfel la activitățile permanente ale acestor organisme.

Cotizația de membru individual al CIGRE este de 150 franci francezi pe an (circa 900—1000 lei la cursul valutar practicat).

Pentru înscrierea ca membru CIGRE, doritorii se vor adresa secretariatului CNR — CIGRE, prof. dr. docent ing. V. I. Nitu, director tehnic al I.S.P.E., Bd. Lacul Tei nr. 1, București.

Recenzii

I. IORDĂNESCU și GH. IACOBESCU. **Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.** Editura didactică și pedagogică, București, 1979, 291 p.

În seria apariților recente de cursuri universitare destinate studenților energeticieni, lucrarea profesorilor universitari dr. ing. I. Iordănescu și dr. ing. Gh. Iacobescu de la Institutul politehnic București, cu titlul de mai sus, ocupă un loc aparte prin conținutul său.

Astfel, ea este printre primele lucrări care apar în țara noastră în domeniul electroenergeticii industriale și se referă la examinarea probemelor ce se pun inginerului electroenergetician la proiectarea și funcționarea instalațiilor de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale.

Elaborată într-o viziune sistemică, cartea include aproape în întregime multiplele și complexele probleme pe care le ridică dezvoltarea rapidă a industriei moderne sub aspectul asigurării alimentării cu energie electrică în condiții normale a tuturor consumatorilor industrali și al gospodăririi raționale și economisirii energiei electrice.

Cartea este structurată pe 16 capitole, care se succed într-o ordine ce oglindește, în primul rînd, procesul firesc de concepere, proiectare și execuție a instalațiilor de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale. Această succesiune include, la locul adecvat, și problemele pe care le ridică electroenergetica industrială cu privire la exploatarea economică a instalațiilor electrice, între care, în primul rînd, problema economisirii și utilizării raționale a energiei electrice.

Capitolul 1 se referă la determinarea puterilor și energiei electrice necesare întreprinderilor industriale — problemă de prim ordin în proiectarea alimentării cu energie electrică a acestor întreprinderi. În cadrul acestui prim capitol, după o scurtă prezentare a aspectelor generale ale tematicii abordate, sînt prezentate și analizate următoarele probleme : mărimi și indicatori ce caracterizează puterea activă și energia necesară consumatorilor industriali, valori caracteristice ale puterii active, calculul puterii active maxime, calculul puterii active medii, calculul puterii reactive, calculul energiei electrice necesare, cabluri de sarcină ale întreprinderilor industriale și, în final, folosirea calculatoarelor electronice pentru stabilirea consumului de putere și energie electrică în întreprinderile industriale. Capitolul se încheie cu o aplicație numerică referitoare la predeterminarea puterilor și energiei electrice a unei secții de producție a unei întreprinderi industriale.

Capitolul 2 tratează problema racordării întreprinderilor industriale la sistemul energetic. În scopul stabilirii celor mai potrivite variante de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali, și alegerii dintre acestea a celei optime din punct de vedere tehnico-economic, în cadrul acestui capitol sînt prezentate următoarele probleme : clasificarea receptoarelor după criteriul siguranței în continuitatea alimentării cu energie electrică, caracteristicile principale ale racordului întreprinderii la sistemul energetic, variante de realizare a racordului electric, stații de injecție a energiei electrice din sistemul energetic.

În cadrul capitolului 3 sînt prezentate instalațiile de distribuție a energiei electrice la marii consumatori industriali, în cadrul cărora sînt cuprinse liniile, stațiile și posturile de transformare, care preiau energia electrică de la barele de alimentare ale stațiilor sau posturile trafo ale furnizorului de energie electrică și o vehiculează pînă la fiecare din receptoarele întreprinderilor.

Subcapitolele acestui capitol al cărții sînt : structura și principiile de organizare ale instalațiilor de distribuție la consumator, configurații ale rețelelor de distribuție, stațiile și posturile de transformare din incinta întreprinderilor industriale, scheme ale instalațiilor de distri-

buție din întreprinderi industriale și, în final, probleme privind asigurarea continuității în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor vitali.

Capitolul 4 este rezervat problemei centralelor electrice proprii întreprinderilor industriale. În cadrul capitolului sînt prezentate și analizate următoarele aspecte legate de această temă : oportunitatea realizării centralelor electrice proprii întreprinderilor industriale, amplasamentul și schema electrică de conexiuni a CET, funcționarea CET și încadrarea în instalațiile electrice ale întreprinderii.

În capitolul 5 este prezentat calculul curenților de scurtcircuit în instalațiile electrice ale întreprinderilor industriale. După o analiză succintă a aspectelor generale privind necesitatea determinării curenților de scurtcircuit sînt prezentate următoarele probleme : calculul curenților de scurtcircuit trifazat, calculul curenților de scurtcircuit monofazat și, în final, măsuri de reducere a puterilor de scurtcircuit. Capitolul se încheie cu un exemplu de calcul privind determinarea curenților de scurtcircuit și a mijloacelor de limitare a acestora la o întreprindere industrială alimentată din sistemul energetic printr-o stație de 110/6 kV cu CET proprie.

Capitolul 6 abordează problema ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale. După prezentarea cadrului problemei și situarea acesteia în contextul preocupărilor utilizării raționale a energiei electrice, sînt analizate următoarele aspecte : măsuri pentru îmbunătățirea factorului de putere în întreprinderile industriale, montarea instalațiilor de compensare a puterii reactive, stabilirea puterii de compensat și eficiența economică a compensării, funcționarea bateriilor de condensatoare.

Facem observația că, după părerea noastră, titlul capitolului 6 al cărții, așa cum este dat de autori (compensarea factorului de putere în întreprinderile industriale), nu este corect. Aceasta deoarece, de fapt, nu compensăm factorul de putere, ci puterea reactivă, de regulă cea inductivă. Așadar, titlul corect al acestui capitol ar fi : *„compensarea puterii reactive în întreprinderile industriale"*.

Capitolul 7 al cărții se ocupă de influența variațiilor de tensiune asupra funcționării consumatorilor industriali și a măsurilor necesare pentru reglajul tensiunii. După prezentarea aspectelor generale privind influența nivelului tensiunii la barele de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali. se prezintă următoarele probleme : comportarea consumatorilor industriali în cazul variațiilor de tensiune aplicate la bornele lor, posibilități de reglare a tensiunii în întreprinderile industriale.

Un aspect de mare importanță, netratat în acest capitol, considerăm a fi influența golurilor de tensiune asupra consumatorilor industriali. Aceasta cu atît mai mult cu cît în țara noastră există realizări de mare prestigiu în acest domeniu.

Fără îndoială că acest aspect putea fi inclus și în capitolele 11 și 12 ale lucrării, al căror conținut (după cum se va arăta) se referă la condițiile de pornire și autopornire a motoarelor electrice din întreprinderile industriale.

În cadrul capitolului 8 sînt tratate daunele întreprinderilor industriale la întreruperea alimentării cu energie electrică. După definirea și situarea daunelor în contextul examinării diferitelor variante de alimentare cu energie electrică a întreprinderilor industriale, sînt prezentate următoarele probleme : organizarea pentru determinarea daunelor în cazul întreruperilor intempestive și calculul daunelor în cazul întreruperilor programate.

Capitolul 9 abordează o tematică netratată de regulă în cursurile privind alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale : bilanțurile electroenergetice ale întreprinderilor industriale.

Considerăm foarte adecvată includerea acestei teme de mare actualitate într-un curs care privește alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale, deoarece în acest context rezultă pregnant caracterul bilanțului ca metodă științifică privind aprecierea eficienței energo-economice a proceselor de producție industrială.

În cadrul acestui capitol se analizează următoarea problematică a bilanțurilor electroenergetice ale întreprinderilor industriale : clasificarea bilanțurilor electroenergetice, informațiile necesare întocmirii bilanțurilor electroenergetice, conținutul și modul de elaborare a bilanțurilor electroenergetice și, în final, metodologii privind determinarea pierderilor de energie în instalațiile electrice industriale.

Capitolul 10 se ocupă de siguranța alimentării cu energie electrică a consumatorilor industriali.

După definirea noțiunii de siguranță în funcționare în general și a siguranței alimentării cu energie electrică a consumatorilor în particular, se expun următoarele aspecte : cerințele siguranței alimentării cu energie electrică a întreprinderilor industriale, informațiile necesare pentru examinarea siguranței de alimentare, indicatorii de siguranță și calculul acestora.

În cadrul capitolului 11 sînt prezentate condițiile de pornire a motoarelor electrice din întreprinderile industriale. Aceste condiții se referă atît la motoarele asincrone cît și la cele sincrone.

Capitolul 12 se referă la autopornirea motoarelor electrice din întreprinderile industriale : autopornirea motoarelor asincrone, determinarea puterii motoarelor care autopornesc și autopornirea motoarelor sincrone.

În capitolul 13 sînt analizați consumatorii industriali care produc șocuri de putere. În cadrul acestui capitol sînt dezvoltate caracteristicile șocurilor de putere activă și reactivă, șocurile de putere reactivă și șocurile de putere activă. Capitolul se încheie cu o aplicație numerică care tratează șocul de putere activă produs de un consumator racordat la tensiunea de 110 kV a unei stații ce aparține unei CTE locale echipată cu două grupuri generatoare.

Capitolul 14 este rezervat regimului deformant produs de consumatorii industriali cu caracteristică neliniară, care generează armonici superioare de tensiune și în mod deosebit de curent.

După o scurtă prezentare a caracteristilor armonicilor superioare de curent și tensiune, în cadrul capitolului sînt prezentate următoarele probleme : sursele de armonici și aspectul acestora, determinarea curenților și tensiunilor armonice, efectele armonicilor și circulația acestora în sistemul electroenergetic, măsuri pentru reducerea armonicilor de ordin superior în sistemul electroenergetic și, în final, comportarea filtrelor de absorbție pentru alte frecvențe decît cele pe care au fost acordate.

În cadrul capitolului 15 sînt prezentați consumatorii industriali care produc nesimetrii în instalațiile electrice.

După trecerea în revistă a principalilor consumatori nesimetrici ce se întîlnesc frecvent în sistemul electroenergetic, se prezintă principalele probleme ale regimului nesimetric în următoarea ordine : stabilirea gradelor de nesimetrie de curent și de tensiune, reducerea nesimetriilor în sistemul electroenergetic.

Capitolul 16 și ultimul al lucrării tratează principalele probleme de tehnica securității în instalațiile electrice industriale : mijloace de protecție pentru evitarea accidentelor prin atingere indirectă (protecția prin legare la pămînt, protecția prin legare la nul, izolarea suplimentară de protecție, protecția prin egalizarea și dirijarea repartiției potențialelor).

Cartea se încheie cu un număr de 10 anexe care privesc : caracteristicile (randamentul și factorul de putere) ale motoarelor electrice asincrone în funcție de coeficientul de încărcare, transformatoare cu două înfășurări cu reglaj în absența sau în prezența sarcinii, autotransformatoare, cabluri electrice, conductoare din oțel-aluminiu, coeficienți de corecție privind încărcarea cablurilor.

Evidențierea succintă a conținutului cărții dovedește că aceasta, într-un număr relativ redus de pagini, reușește să abordeze majoritatea problemelor cu care se confruntă la ora actuală electroenergetica industrială. Fără îndoială, cartea nu tratează în totalitatea lor acest probleme, motiv pentru care ea este susceptibilă de unele completări.

Printre principalele completări considerăm ca necesare, într-o eventuală nouă ediție, următoarele : dimensionarea rețelelor electrice industriale pe baza densității economice de curent, aprofundarea problemelor de protecție și automatizare în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali, problematica avariilor și lichidarea lor, problemele de tarifare a energiei electrice și relația furnizor — consumator de energie electrică, aprofundarea utilizării calculatoarelor electronice numerice în proiectarea și exploatarea rețelelor electrice industriale ș.a.

Cartea abordează într-o măsură mai mică problemele de alimentare cu energie electrică a marilor platforme industriale, deși, în mod practic, gruparea întreprin-

derilor industriale în mari platforme este linia de dezvoltare a industriei moderne.

În sfîrșit, lucrarea valorifică prea puțin cercetările românești de specialitate, precum și experiența de proiectare, execuție și exploatare acumulată în țara noastră în domeniul electroenergeticii industriale.

Avem în vedere, în primul rînd, utilizarea în mică măsură a prevederilor STAS, a prescripțiilor M.E.E. și ale altor ministere, a îndrumarelor și metodologiilor, fișelor tehnologice și a programelor de calcul automat folosite curent în țara noastră.

Toate acestea însă nu sînt totuși în măsură să diminueze valoarea didactică și științifică a cărții la care ne referim.

Cartea prof. dr. ing. I. Iordănescu și prof. dr. ing. Gh. Iacobescu constituie un manual de bază pentru studenții din ultimii ani ai facultăților de energetică și este, în același timp, de o incontestabilă utilitate pentru specialiștii electroenergeticieni, atît cei din întreprinderile furnizoare de energie electrică, cît și din întreprinderile industriale, precum și pentru proiectanți și cei ce exploatează asemenea instalații.

Ing. **Romulus Sfichi**

JEAN-PIERRE PONSSARD. **Logique de la négociation et théorie des jeux**. Les éditions d'organisation, Paris 1977, 206 p.

Autorul prezintă într-un mod original și accesibil probleme actuale ale teoriei jocurilor cu aplicații în practica negocierilor. Lucrarea se bazează în mare parte pe studiile elaborate de autor în timpul unui stagiu de cercetare efectuat la Universitatea Stanford, California.

Cartea cuprinde o prefață, cinci capitole și o anexă. Bibliografia este prezentată în cadrul fiecărui capitol sau subcapitol, acolo unde s-a simțit nevoia.

În capitolul I, intitulat „Introducere generală", autorul face o prezentare generală a cărții și a organizării acesteia. Cititorul este introdus în tematica cărții prin prezentarea unui număr de scenarii din care rezultă oportunitatea abordării unui anumit gen de probleme prin modele ale teoriei jocurilor. Astfel se consideră scenariile relativ la utilitatea acceptării unei strategii imprevizibile, ale situațiilor de tensiune ce pot apărea între partenerii de joc, penalizarea unei strategii neadecvate în cazul unei colaborări pe termen lung între jucători, căutarea unui compromis de negociere cu clauze multiple, evaluarea raportului de forțe pentru menținerea unei coaliții.

Capitolul II analizează problemele de competiție utilizînd metodele specifice ale teoriei jocurilor. Este de remarcat că autorul nu se mărginește la analiza statică a problemelor de competiție, ci prezintă soluții și pentru o analiză dinamică. În ambele situații menționate se prezintă modelul de bază corespunzător, adică cel în formă normală (matricială) în condiții statice și în formă dezvoltată (arbori de decizie) pentru o comportare dinamică a situației analizate. Autorul prezintă și soluția utilizînd programarea liniară pentru jocurile statice de sumă constantă. Se arată că jocurile dinamice pot fi rezolvate prin asocierea și a formei lor normale, menținîndu-se ipotezele și restricțiile care permit o asemenea modelare.

În capitolul III se prezintă studii de situații corespunzător problemelor de competiție, cu luarea în considerare a valorii informației. Prezentarea este calitativă, menționîndu-se domenii de aplicații multiple, ca, spre exemplu : informarea asupra opiniei publice sau a situației unor persoane, tratarea informației secrete și private.

În studiul acestor situații, atitudinea jucătorilor este cuantificată prin intermediul funcțiilor de utilitate.

Capitolul IV analizează problemele de negociere între doi sau n parteneri. Se trec în revistă elementele esențiale ale modelului (funcție caracteristică, stabilitatea coaliților), teorema de incompatibilitate a negocierilor cu doi parteneri, teorema lui Nash pentru funcția caracteristică. Jocurile de n parteneri sînt introduse printr-un exemplu referitor la energetica hidro. Se abordează perspectiva de cooperare totală între n jucători : centrul jocului. Se prezintă o soluție de existență a centrului jocului utilizînd programarea liniară. O amplă discuție se referă la modalitățile de asigurare a stabilității unei coaliții. Negocierile cu n persoane sînt caracterizate de vectorul Shapley, care asigură o repartiție echitabilă între jucători în vederea păstrării coaliției. Această noțiune este analizată pe exemplul energiei hidro.

În ultimul capitol, autorul extinde aspectele teoretice ale problemelor de negociere prin prezentarea unor studii de caz de o varietate largă (jocuri militare, situații de cooperare interguvernamentală, negocieri în afaceri financiare).

Într-o anexă a cărții este prezentată simplu și direct modalitatea de construire a unei funcții de utilitate pentru persoanele implicate în jocul de negociere și cooperare.

Lucrarea este accesibilă unui număr mare de cititori, specialiști în diverse domenii de activitate (economie, inginerie, științe sociale și juridice, organizare și conducere, relații economice internaționale), cărora nu le este necesară o pregătire matematică aprofundată.

Grafica lucrării este deosebit de sugestivă, iar prezentarea întregii cărți este de un înalt nivel științific, dar în același timp și ușor abordabilă de către cititori.

Adrian V. Gheorghe
și
Mihail V. Stoica

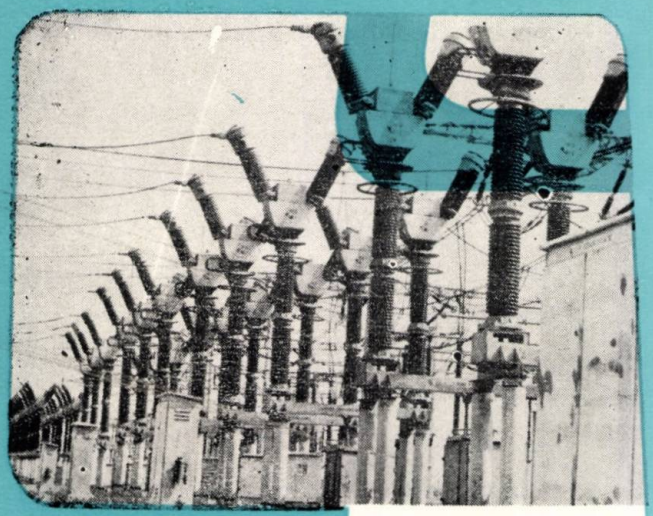
Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice şi al Consiliului Naţional al Inginerilor şi Tehnicienilor din R.S. România. Redacţia: Bucureşti, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 3. Telefon: 20 67 30. Instituţiile pot achita abonamentele pentru biblioteci şi cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Preţul unui exemplar: 5 lei. Taxele poştale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10 264/1979

I. P. I. c. 2217

41 401

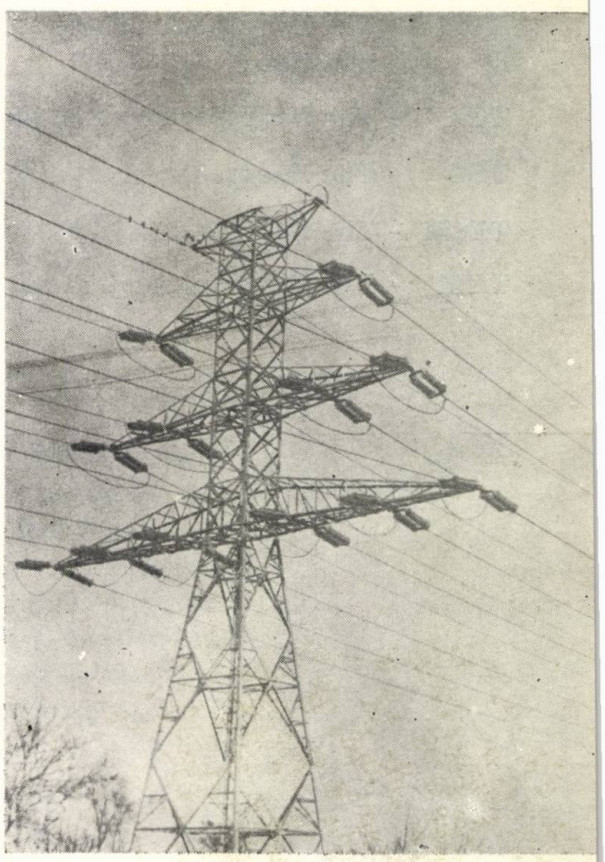
I.R.E.

IAŞI



ASIGURĂ solicitanţilor proiectarea, executarea şi exploatarea instalaţiilor necesare pentru alimentarea cu energie electrică în cele mai bune condiţii tehnice şi economice.

SIGURĂ alimentarea cu energie elec-
rică din sistemul energetic naţional a
turor consumatorilor din judeţele
şi şi Vaslui, în condiţii de siguranţă
de calitate.
stalaţiile sale de transport, transfor-
are şi distribuţie dispun de echipa-
ente moderne şi sînt exploatate la un
alt grad de tehnicitate.



TREPRINDEREA DE REŢELE ELECTRICE IAŞI

Str Uzinei nr. 38

SERVICIILE ÎNTREPRINDERII STAU LA DISPOZIŢIA SOLICITANTILOR PENTRU REZOLVAREA TUTUROR PROBLEMELOR PRIVIND ALIMENTAREA CU ENERGIE ELECTRICĂ

ROMELECTRO

ROMELECTRO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning ; the services are performed by the specialized units :

ISPE - The Power Study and Design Institute :

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust ;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central f Electric and Thermal Power Generating ;

CIRE - The Industrial Central f Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research an Modernization Institute ;

ICMP - The Enterprise for Met Construction and Prefal

ROMELECTRO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abro thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions etc. export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power fiel well as other specific engineering jobs.

Address :

1, Lacul Tei Blvd
BUCHAREST - ROMANI
P. O. Box 1-736
Phone : 12. 13. 26-12. 05.
Telex 10 449 roel r.

E 2039

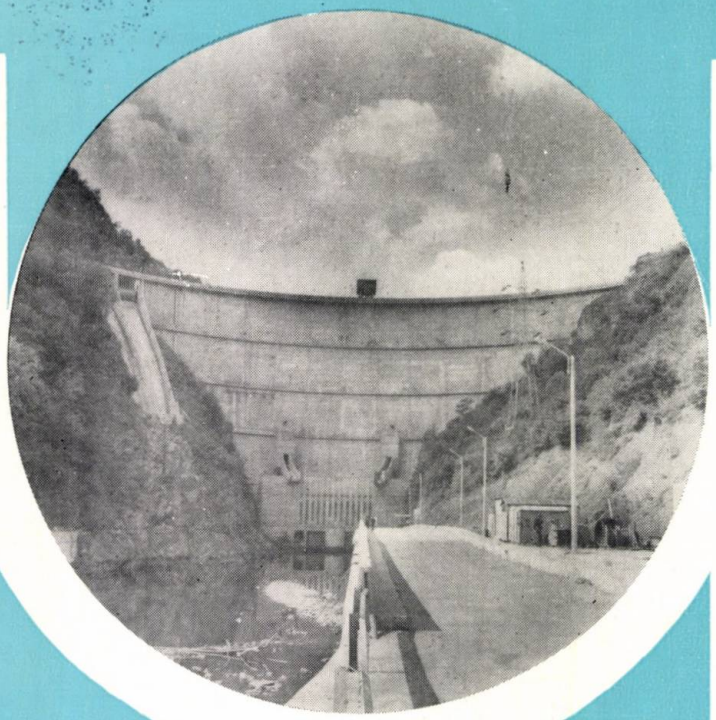
MW

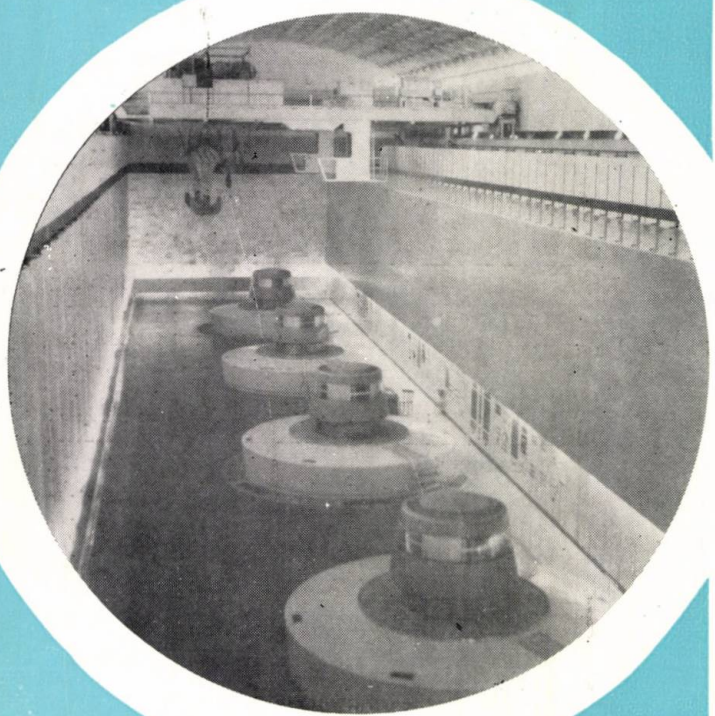
5-6

VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
MAI — IUNIE 1980

energetica

6 12 18 24





Schémas et projets pour l'aménagement des bassins versants

- aménagements hydro-électriques
- aménagements hydrauliques à buts multiples
- constructions hydrauliques spéciales

Activités spécialisées

- études hydrologiques et hydrogéologiques
- géologie d'engineering
- exploration géotechniques, géophysiques et mécaniques des sols et des roches
- travaux topographiques

Services spécialisées

- études préliminaires
- avant-projets
- détails d'exécution
- documentations pour appels d'offres et marchés de travaux
- inspections et supervisions
- expertises

ISPH

Institut d'études et projets hydro-énergétiqu

29, Bd. Republicii, Bucarest Roumanie; tél: 14 72 70; télex 11—443 i.s.p.

1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 5–6 mai-iunie

Cuprinsul

		Pag.
C. Tomescu şi *M. Enache*	**Prognoza valorificării energiei valurilor în Republica Socialistă Bomănia**	205–207
M.G.M. Pop, D. Manea, Ec. Ursu, D. Constantinescu şi *R. Mitrofan*	**Posibilităţi de implementare a unei pompe de căldură în sistemul de încălzire al unei case solare**	208–213
V. Neaţu şi *M. Matei*	**Posibilităţi de reducere a coroziunilor şi depunerilor prin utilizarea aditivului românesc de combustie a păcurii sulfuroase**	213–222
M. Stein şi *St. Diaconu*	**Unele aspecte specifice în analiza rezervării echipamentelor energetice cu ajutorul calculului statistico-probabilistic**	223–226
I. Popescu, D. Lixăndroiu şi *A. Forje*	**Studiul fiabilităţii sistemelor energetice, în cazul suspendării unor elemente, prin metoda trunchierii bilaterale**	226–229
H. Bednar, V. Bednar, I. Sabău, M. Butnaru, E. Pascu, E. Voina, B. Bednar şi *A. Bednar*	**Studiul fiabilităţii uleiurilor electroizolante**	229–236
O. Ţuţuianu	**Utilizarea unor noi tehnologii bazate pe radiaţii infraroşii, pentru depistarea pierderilor în transportul energiei termice**	236–239
B. Ungureanu, V. Tetelbaum, V. Florescu şi *M. Sîrbu*	**Extinderea posibilităţilor de calcul al regimurilor tranzitorii ale SEN**	240–242
D. Cernomazu şi *Gh. Michiu*	**Aprecieri privind evoluţia releelor de gaze şi contribuţii la perfecţionarea lor**	243–249
E. Asandului	**Utilizarea maşinilor de medie mecanizare din dotarea IRE Iaşi, în activitatea de facturare a energiei electrice la consumatorii casnici**	250–251

RECENZII

Revista apare sub îndrumarea Consiliului ştiinţific al Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.288(R)

К. Томеску и *М. Енаке:* **Прогноз оценки энергии волн в С.Р. Румынии**

После того, как показывается весовое соотношение энергии волн в энергетическом румынском балансе и представляется развитие технологии освоения этой энергии в международном плане, авторы указывают по-этапно, между 1982 и 2000 гг., области использования этого в нашей стране. Приходим к выводу, что энергия волн должна своевременно учитываться для использований, в которых эта энергия станет компетитивной и необходимость продолжения исследований в этой области.

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 205—207

ДК 621.47 : 621.181.63

М. Г. М. Поп, Д. Манеа, Ек. Урсу, Д. Константинеску и *Р. Митрофан:* **Возможности введения теплового насоса в отопительную систему солнечного дома**

Представляются основные результаты исследований относительно определения возможности и эффективности интегрирования теплового насоса в солнечный дом активной системы. Дается главная схема установки, данные расчета касающиеся их качественных показателей, предварительные данные касающиеся покрытия нужд в тепле солнечного дома при помощи теплового насоса, а также вопросы, связанные с введением тэкого типа системы в солнечный дом.

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 208—213

ДК 620.193 :665.5.004.1

В. Няцу и *М. Матей:* **Возможности уменьшения коррозии и отложений путем использования румынских присадок во время сгорания сернистого мазута**

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 213—222

ДК 620.9.001.24 :519.2

М. Стейн и *Ст. Дьякону:* **Некоторые специфические аспекты в анализе сохранения энергетических оборудований с помощью статистико-вероятностного расчета**

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 223—226

ДК 621.311.161 : 621.3.019.3

И. Попеску, Д. Ликсэндройу и *А. Форже:* **Исследование надежности энергетических систем в случае отстранения некоторых элементов путем метода двустороннего сечения**

Задается, что оценка средней времени корректной работы как главный показатель надежности, должна производиться периодически, при конкретных условиях эксплуатации, а не в лаборатории и при определенных длительностях вовремени. Это требует использования некоторой техники тестирования путем метода двустороннего сечения, который приводит, фактически, к применению одного неполного тестэ, характеризуемый как присутствием некоторых поврежденных элементов, так и отстраненных.

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 226—229

ДК 621.315.615.2 : 621.3.019.3

Х. Беднар, В. Беднар и др.: **Исследование надежности электроизолирующих масел**

Исследуется надежность электроизолирующих масел (сопротивление по отношению к излучению, устойчивость при окислении, присутствие свободных корней и т.д.) в зависимости от происхождения и способа переработки масла, располагая экспериментальными определениями в трех направлениях: определение свободных корней спектрофотометрическим путем; определение состава масел на основе физико-химических определений (плотность, показатели преломления и спектр поглощения в ультрафиолетовый и видимый); наблюдение за изменением физических и физико-химических характеристик масел при принужденном окислении (путем иррадиации ультрафиолетового света на тепло).

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 229—236

ДК 621.1.01.004.1

О. Цуцуяну: **Использование некоторых новых технологий, основаных на инфракрасных излучениях для локализации потерь при передаче тепловой энергии**

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 236—239

ДК 621.311.161.001.2

Б. Унгуряну, В. Тетелбаум, В. Флореску и *М. Сырбу:* **Расширение возможностей расчета переходных режимов национальной энергетической системы**

Представляется совокупность расчетных программ для анализа переходных режимов национальной энергетической системы, которые были интегрированы в совокупность программ для энергетических применений off-line государственного диспетчерского управления, программы для расчетной системы FELIX C-256.

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 240—242

ДК 621.318.53.004.1

Д. Чечномазу и *Г. Микиу:* **Оценка эволюции газовых реле и вкдлад в их усовершенствование**

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 243—249

ДК 621.317.8.002.1

Эм. Асандулуй: **Использование машин средней механизации из оснащения ПЭС Ясс в расчетной деятельности электрической энергии для бытовых потребителей**

Energetica 28 (1980), № 5—6, стр. 250—251

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.288(R)

C. Tomescu und *M. Enache* : **Die Prognose der Verwertung der Wogenenergie in der SRR**

Nachdem die Bedeutung der Wogenenergie für die rumänische Energiebilanz bestimmt wird und die weltweit zur Verwertung dieser Energieart entwickelten Technologien beschrieben werden, zeigen die Verfasser ihre Anwendungsgebiete in unserem Lande für die Zeitspanne 1982—2000. Es wird geschlussfolgert, dass die Wogenenergie für wettbewerbfähige Anwendungen benützt sein wird und dass die Forschungen somit fortgesetzt werden.

Energetica 28 (1980), H. 5—6, S. 205—207

DK 621.47 : 621.181.63

M.G.M. Pop, D, Manea, Ec. Ursu, D. Constantinescu und *R. Mitrofan* : **Die Einführungsmöglichkeiten einer Wärmepumpe in dem Sonnenheizsystem eines Hauses**

Es werden die Anfangsergebnisse eines Studiums über die Bestimmung der Ausführbarkeit und der Effektivität der Einführung einer Wärmepumpe in einem sonnengeheiztem Haus mit aktivem System gezeigt. Es wird das prinzipielle Schema gegeben, sowie die Rechenwerte für ihre Leistungen, preliminäre Werte für die Deckung des Wärmebedarfs eines sonnengeheizten Hauses mit Wärmepumpe, sowie die von der Einführung eines solchen Systems in einem sonnengeheiztem Haus verbundenen Probleme.

Energetica 28 (1980), H. 5—6, S. 208—213

DK 620.193:665.5.004.1

V. Neaţu und *M. Matei:* **Möglichkeiten zur Verminderung von Korrosionen und Ablagerungen durch die Verwendung des rumänischen Verbrennungsadditivums bei der Verfeuerung schwefelhaltigen Schweröls**

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 213–222

DK 620.9.001.24:519.2

M. Stein und *St. Diaconu:* **Spezifische Aspekte der Aufbewahrung elektrischer Ausrüstungen, analysiert durch statistische Wahrscheinlichkeitsberechnungen**

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 223–226

DK 621.311.161 : 621.3.019.3

I. Popescu, D. Lixăndroiu und *A. Forje* : **Das Studium der Betriebssicherheit eines Elektroenergiesystems im Falle des Aufhebens bestimmter Elemente, durch die Methode der zweiseitiger Begrenzung**

Die Abschätzung des Mittelwertes der guten Betriebsdauer als wichtigster Betriebssicherheitskennwert muss periodisch durchgeführt werden, u.zw. unter konkreten Betriebsbedingungen, und nicht nur im Labor, und für bestimmte Zeitdauer. Dazu ist die Methodik der zweiseitiger Begrenzung als eine Technik zur Prüfung der Betriebssicherheit angemessen, da diese Methodik eigentlich zur Durchführung einer unvollständigen Prüfung führt, die sich sowohl durch die Anwesenheit fehlerbehafteter als auch aufgehobener Elemente kennzeichnet.

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 226–229

DK 621.315.615.2 : 621.3.019.3

H. Bednar, V. Bednar u.a.: **Das Studium der Betriebsbeständigkeit der elektroisolierenden Öle**

Es wird die Betriebsbeständigkeit der elektroisolierenden Öle (die Bestrahlungswiderstandsfähigkeit, die Anwesenheit freier Radikale usw). in Verbindung mit der Herkunft und der Raffinierungsart des Öls beschrieben mit der Angabe von drei Versuchsrichtungen : die photometrische Bestimmung der freien Radikale ; die Bestimmung der Ölzusammensetzung auf physikalisch-chemischen Wegen (Dichte, Brechnungszahl, Absorbtionsspektrum im UV und im sichtbaren Gebiet) ; die Überwachung der physikalischen und der physikalisch-chemischen Charakteristiken der Öle bei Zwangsoxydation (durch Bestrahlung mit UV-Licht unter Wärmeeinfluss).

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 229–236

DK 621.1.01.004.1

O. Tufuianu : **Die Anwendung neuer Technologien der Infrarotbestrahlung für die Bestimmung der Verluste in der Elektroenergiefortleitung**

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 236–239

DK 621.311.161.001.2

B. Ungureanu, V. Tetelbaum, V. Florescu und *M. Strbu:* **Die Erweiterung der Berechnungsmöglichkeiten von nichtstationären Betrieben des Landesverbundsystems**

Es wird ein Berechnungsprogrammpaket für die Analyse von nichtstationären Betrieben des Landesverbundsystems beschrieben, welches in dem Programmpaket für energetische off-line Anwendungen des Landesverbunddispatchers miteinbegriffen wurde und mit den Rechenprogrammen des Computers FELIX C-256 kompatibel ist.

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 240–242

DK 621.318.53.004.1

D. Cernomazu und *Gh. Michiu:* **Einschätzung der Gasrelaisentw cklung und Beiträge zu ihrer Vergütung**

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 243–2)

DK 62).317.8.C02.

Em. Asandului : **Die Anwendung der Mittelmechanisierungsmaschinen in dem Elektroenergienetzbetrieb Yassy bei der Herausgabe der Elektroenergieverbrauchsrechnungen für die Haushaltsverbraucher**

Energetica 28 (1980), H. 5–6, S. 250–251

SOMMAIRE

CD 621.288(R)

C. Tomescu et *M. Enache:* **Prévision de la mise en valeur de l'énergie des vagues dans la République Socialiste de la Roumanie**

Après avoir établit le poids de l'énergie des vagues dans la balance énergétique de la Roumanie et présenté le développement des technologies de mise en valeur de cette énergie sur le plan mondial, les auteurs indiquent, par étapes entre 1982–2000, les domaines d'utilisation dans notre pays. On arrive à la conclusion qu'on doit tenir compte de l'énergie des vagues pour les utilisations dans lesquelles elle sera competitive, et en même temps on doit continuer les recherches dans ce domaine.

Energetica 28 (1980), no. 5–6, p. 205–207

CD 621.47 : 621.181.63

M. G. M. Pop, D. Manea, Ec. Ursu, D. Constantinescu et *R. Mitrofan:* **Possibilités d'implantation d'une pompe à chaleur dans le système de chauffage solaire d'une maison**

On présente les résultats initiaux d'une étude concernant la détermination de la fiabilité et du rendement obtenu à l'intégration d'une pompe à chaleur dans une maison chauffée par un systéme solaire actif. On donne le schéma de principe de l'installation, les données de calcul concernant les performances, les données préliminaires concernant les besoins de chaleur de cette maison qu'on satisfait à l'aide de la pompe à chaleur, ainsi que les problèmes qui surgissent à l'implantation d'un tel système dans une maison chauffée à l'aide de l'énergie solaire.

Energetica 28 (1980), no. 5–6, p. 208–213

CD 620.193:665.5.004.1

V. Neaţu et *M. Matei:* **Possibilités de diminuer les corrosions et les dépôts en utilisant l'additif roumain de combustion du mazout sulfureux**

Energetica 28 (1980), no. 5–6, p. 213–222

CD 620.9.001.24:519.2

M. Stein et *St. Diaconu:* **Quelques aspects spécifiques de l'analyse de la réserve des équipements énergétiques à l'aide de l'éstimation statistique-probabilistique**

Energetica 28 (1980), no. 5–6. p. 223–226

CD 621.311.161 : 621.3.019.3

I. Popescu, D. Lixăndroiu et *A. Forje* : **L'étude de la fiabilité des systèmes énergétiques, au cas de la suspension de certains éléments, par la méthode de la délimitation bilatéralle**

Il est nécessaire que l'évaluation de la moyenne de durée de bon fonctionnement (MTBF), en tant qu'un indicateur principal de la fiabilité, soit effectuée périodiquement, dans des conditions concrètes d'exploitation et aux durées délimitées. Cela requiert l'utilisation d'une technique qui puisse tester la fiabilité par un procédé de délimitation bilatéralle, qui mène, en effet, à l'application d'un test incomplet, caractérisé par la présence de certains éléments défectés, ainsi que de ceux en suspension.

Energetica 28 (1980), no. 5–6, p. 226–229

CD 621.315.615.2 : 621.3.019.3

H. Bednar, V. Bednar et a.: **Etude de la fiabilité des huiles électroisolantes**

On étudie la fiabilité des huiles électroisolantes (la résistance aux radiations, la stabilité à l'oxydation, la présence de certain radicaux libres) en fonction de la provenance et le mode de raffinage de l'huile, ayant les déterminations expérimentales en trois directions : la détermination des radicaux libres à l'aide de la méthode spectrophotomètrique, la détermination de la composition des huiles en utilisant les déterminations physico-chimiques (densité, indice de réfraction et spectre d'absorption en ultraviolet et visible, contrôle de la variation des propriétés physiques et physico-chimiques des huiles en cas d'oxydation forcée (par irradiation ultraviolete à chaud).

Energetica 28 (1980), no. 5–6, p. 229–236

CD 621.1.01.004.1

O. Ţuţuianu: **Nouvelles technologies basées sur les radiations infrarouges, utilisées en vue de depister les pertes dans le transport de l'énergie thermique**

Energetica 28 (1980), no. 5—6, p. 236—239

CD 621.311.161.001.2

B. Ungureanu, V. Tetelbaum, V. Florescu et *M. Sîrbu:* **Développement des possibilités de calcul des régimes transitoires du système énergétique national**

On présente une série de programmes de calcul pour l'analyse des régimes transitoires du système énergétique national, qui ont été intégrés dans le paquet de programmes pour les applications énergétiques off-line du Dispatcher énergétique national, programmes pour le système de calcul FELIX C-256.

Energetica 28 (1980), no. 5—6, p. 240—242

CD 621.318.53.004.1

D. Cernomazu et *Gh. Michiu:* **Considérations sur l'évolution des relais à gaz et contributions à leur perfectionnement**

Energetica 28 (1980), no. 5—6, p. 243—249

CD 621.317.8.002.1

Em. Asandului: **L'utilisation des machines de moyenne mécanisation qui appartiennent à l'IRE Iaşi, dans l'activité de facturation de l'énergie électrique chez les consommateurs domestiques**

Energetica 28 (1980), no. 5—6, p. 250—251

CONTENTS

DC 621.288(R)

C. Tomescu and *M. Enache* : **Prognosis of wave energy use in the SR of Romania**

After outlining the place of the wave energy in the Romanian energy balance and the worldwide development of technologies to use this energy source, the authors indicate the application fields of this type of energy for several stages covering the years 1982—2000. The conclusion is reached that the wave energy should be used for competitive purposes and that the researches in this field are necessary even further.

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 205—207

DC 621.47 : 621.181.63

M.G.M. Pop, D. Manea, Ec. Ursu, D. Constantinescu and *R. Mitrofan* : **Possibilities to implement a heat pump to the solar house heating system**

The initial results of a study concerning the feasibility and efficiency of integrating a heat pump in an active system solar house are presented. The basic scheme of the installation is given as well as calculation data regarding the performances, preliminary data concerning the covering of the heat necessary of the solar house by means of a heat pump and also problems connected to the implementation of such a system to a solar house.

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 208—213

DC 620.193 :665.5.004.1

V. Neaţu and *M. Matei:* **Possibilities to decrease corrosion and deposits by the use of the romanian combustion additivate for sulphurous oil**

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 213—222

DC 620.9.001.24 :519.2

M. Stein and *St. Diaconu:* **Some specific aspects in the analysis of the energetic equipment reservation, using the statistical-probabilistic computation**

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 223—226

DC 621.311.161 : 621.3.019.3

I. Popescu, D. Lixăndroiu and *A. Forje* : **Power system reliability study in case of suspending some elements, by the double truncated method**

The estimation of the good operation time average, as main reliability indicator, should be done periodically under actual operation conditions and not in the laboratory, and on limited periods of time. Therefore, the use of the reliability testing, technique by the double truncated method is required, which leads in fact to the applying of an incomplete test characterized by the presence of faults as well as of suspended elements.

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 226—229

DC 621.315.615.2 : 621.3.019.3

H. Bednar, V. Bednar a.o. : **The study of electric insulating oils reliability**

The reliability of electric insulating oils (radiation resistance, oxidation stability, presence of free radicals etc.) is studied., depending on the origin and the refining of oil with experimental determination on three main directions : determination of free radicals by spectrophotometry, determination of the oil composition by physical and physical and chemical criteria (density, refraction index and UV and visible absorbtion spectrum), survey of physical and of physical and chemical properties variation of oils during forced oxidation (by iradiation with UV light in the presence of heat).

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 229—236

DC 621.1.01.004.1

O. Ţuţuianu : **The use of new technologies based on infrared radiations for losses detection in the thermal power transmission**

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 236—239

DC 621.311.161.001.2

B. Ungureanu, V. Tetelbaum, V. Florescu and *M. Sîrbu* : **Extension of the transients calculation possibilities of the national power grid**

A bunch of calculation programmes for the analysis of the national power system transients is presented. It has been integrated in the programmes bunch for off-line applications of the National Power Dispatcher, programmes to be implemented on the Computer FELIX C-256.

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 240—242

DC 621.318.53.004.1

D. Cernomazu and *Gh. Michiu:* **Some remarks on the gas relays evolution and some contributions to their improvement**

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 243—249

DC 621.317.8.002.1

Em. Asandului : **Invoices drafting for household users with the medium mechanization devices at the Enterprise for electric networks Yassy**

Energetica 28 (1980), nr. 5—6, p. 250—251

Prognoza valorificării energiei valurilor în Republica Socialistă România

Contraamiral ing. **C. Tomescu**
și ing. **M. Enache***)

Ponderea energiei valurilor în balanța energetică românească

Avînd în vedere importanța valorificării tuturor rezervelor de energie care pot contribui la îmbunătățirea balanței energetice a țării noastre, a apărut ca necesară evaluarea resurselor pe care le deține Marea Neagră. Se consideră ca rezerve potențiale posibil de utilizat, pe măsura evoluției prețurilor la combustibilii clasici și a dezvoltării tehnologiilor de producție, următoarele resurse : energia valurilor, energia gradientului de temperatură a apei la diferite adîncimi, energia eoliană și energia solară captate cu ajutorul instalațiilor montate pe sisteme flotante

În afară de acestea se pot aminti energia gradientului de salinitate între straturile de apă și energia curenților marini, acestea avînd o pondere mult mai mică decît cele citate anterior. Deși valorile potențialelor energetice pentru resursele amintite nu au fost calculate cu precizie pînă în prezent, se consideră totuși că energia valurilor Mării Negre are, comparativ cu celelalte, ponderea cea mai importantă. Valurile conțin concentrată cea mai mare energie specifică pe unitatea de suprafață, față de energia eoliană sau solară, captate în mod direct la nivelul mării prin diferite procedee tehnice. Pe baza estimărilor făcute pînă în prepent în diferite lucrări [1], [3], [5], [8], [13], lotențialul energetic tehnic amenajabil al vazurilor de pe litoralul românesc a fost apreciat, la nivelul cunoștințelor actuale, la circa 4 TWh/an [6], [7], [9]. Această valoare poate fi comparată cu cifra de 38—40 TWh/an indicată pentru potențialul tehnic amenajabil al rîurilor din țara noastră.

După cum se vede, deși dispune de posibilități reduse în ceea ce privește potențialul energetic al valurilor în comparație cu alte mări și oceane, Marea Neagră poate contribui la balanța energetică cu o cantitate de energie echivalentă cu o economie anuală de combustibil de circa 1,5 milioane tone c.c.

O analiză a structurii producției de energie electrică la nivelul anilor 1985 și 1990, extrasă din documentele de prognoză energetică [15], arată că, dintr-o producție totală de energie electrică de 90 și, respectiv, 110 TWh, surselor de energie neconvenționale și resurselor recuperate le va corespunde o cotă de 4,4 și, respectiv, 11 TWh. Pentru anul 2000 se apreciază că circa 20% din producția de energie a țării va fi acoperită de sursele neconvenționale. În această prognoză sînt considerate ca posibile de exploatat : energia solară, energia eoliană, energia geotermică și energia obținută prin energia biogazului ca produs de fermentare. Energia valurilor nu apare explicit, iar pentru celelalte surse nu se precizează rezervele efective în mod separat.

Dezvoltarea tehnologiilor de valorificare a energiei valurilor pe plan mondial

O analiză a realizărilor existente pe plan mondial [2], [10], [11], [12], [14] arată faptul că pînă în prezent singura aplicație efectivă a energiei valurilor este alimentarea cu energie electrică a unor sisteme de semnalizare optică și de alimentare a unor balize meteooceanologice. Astfel, în Japonia, pînă în anul 1979 fuseseră fabricate și exploatate pe diferite perioade circa 300 de balize luminoase alimentate de generatoare acționate de valuri. Este vorba de sistemul bazat pe principiul „pistonului lichid" — turbină cu aer. Puterea instalată a sistemelor electrice de conversie este cuprinsă între 20 și 200 W, funcție de gabaritul geamandurii.

Atît Japonia, cît și Marea Britanie, țări în care preocuparea se află în stadiul cel mai avansat, intenționează ca odată cu realizarea unor instalații operaționale de mari dimensiuni (100—500 kW) să se obțină o energie, electrică sau de altă natură, cu posibilitate de utilizare industrială. Este vorba de centrale marine cu capacitate de cel puțin 1—10 MW, amenajate în construcții plutitoare, incluzînd și folosințele. Se consideră că se va asigura o producție de energie electrică competitivă cu alte sisteme de producere convenționale, dat fiind regimul de agitație al mării extrem de favorabil și progresele tehnologice evoluate ce se vor adopta.

În prezent, apreciem că în exploatarea energiei valurilor se conturează pe plan mondial trei direcții, posibil de prognozat și pentru țara noastră :

— instalații mici, cu puteri de maximum 500 W, folosite în balizare optică și radio pentru semnalizarea unor șenale sau a unor zone periculoase ; energia obținută este folosită în totalitate la fața locului, stocarea asigurîndu-se electric, prin acumulatoare ; se pot alimenta astfel și geamanduri meteooceanografice, ancorate sau în derivă ;

— instalații de medie putere — de circa 10—20 kW, folosite la alimentarea unor utilizări marine izolate, cum ar fi puncte sau platforme de observație oceanologice, precum și alimentarea auxiliară la platforme de foraj

*) Contraamiral ing. Constantin Tomescu este directorul Institutului român de cercetări marine — Constanța, iar ing. Mihai Enache este cercetător științific principal la același institut.

au exploatare petrolieră. Energia este utilizată concomitent cu producerea, în paralel cu sistemul energetic de bază al folosinței, problema stocării fiind complementară;

— instalații de mare putere, ajungînd pînă la 10—20 MW, adevărate complexe energetice independente; în acest sistem, problema stocajului energiei electrice sau a conversiei în altă formă de energie devine capitală, întrucît sistemele vor funcționa izolat, departe de țărm, iar transportul energiei prin cablu la țărm va spori nejustificat prețul energiei livrate.

În această etapă — de utilizare a centralelor marine de mare putere — se va pune problema utilizării energiei la fața locului în condiții de randament ridicat, lucru care va putea fi posibil numai dacă beneficiarii vor accepta regimul intermitent și neprognozabil al livrării energiei. Apare deci pe primul plan necesitatea stocării energiei, fie pentru a o debita în regim uniform, fie pentru a o transporta la țărm în formă concentrată.

Una din filierele de conversie economică a energiei valurilor pentru viitorul apropiat se consideră a fi producerea hidrogenului (prin electroliză sau altă tehnologie care se va impune), procedeu adoptat și pentru alte domenii din tehnica surselor de energie neconvenționale. De asemenea, stocarea se poate face sub formă de energie pneumatică sau prin energie termică, încălzind sau topind substanțe cu capacitate calorică ridicată.

Condițiile specifice R.S. România în domeniul valorificării energiei valurilor

În analiza perspectivelor de valorificare a energiei valurilor din țara noastră și a beneficiarilor potențiali ai diverselor forme de energie posibil de obținut [6], [9] s-a ținut seama de următoarele:

— studiul acestei tehnologii pe plan mondial și tendințele ce se conturează în legătură cu utilizările posibile;

— prețul combustibililor, metalului și al altor materii prime;

— condițiile specifice țării noastre.

Condițiile specifice țării noastre impun luarea în considerare a următoarelor premise de analiză:

— litoralul românesc dispune de posibilități reduse atît în ceea ce privește producția de energie anuală (circa 50 000 kWh/m.an la larg) cît și a puterii medii disponibile (circa 7 kW/m — la larg) [3], [5], [9]; aceste valori influențează direct asupra puterii instalate optime în orice sistem de captare adoptat, fiind de cîteva ori mai mici decît valorile considerate ca economice în alte amplasamente din oceanul mondial pentru sistemele de captare a energiei valurilor;

— prețul energiei electrice sau mecanice obținut pe această cale va fi totdeauna mai mare decît al celei obținute (tot pe mare sau la mal) în instalații eoliene;

— suportul tehnologic necesar acestei activități este abia în formare, explorarea și exploatarea petrolieră în condiții marine fiind în faza de început, iar alte industrii marine — ca acvacultura sau exploatarea geologică — în studiu;

— în cazul energiei valurilor se naște o tehnologie deosebit de complexă, complementară altor tehnologii și pluridisciplinară în ceea ce privește numărul de domenii științifice al căror aport este necesar;

— caracterul interdisciplinar al tehnologiei energiei valurilor presupune eforturi importante de investiție în cercetare și dezvoltare, eforturi care se justifică numai în urma unor analize economice complexe, care iau în considerare rezervele de energie și posibilitățile de utilizare;

— evoluția prețurilor pe piața energiei nu a solicitat încă în mod practic resursele cu cost mai ridicat al energiei livrate.

Complexitatea tehnologică în ansamblu este practic identică cu a tehnologiilor de lucru subacvatice al căror preț de cost sau de activitate este deosebit de ridicat — atît în raport cu prețul produselor obținute cît și în raport cu cheltuielile de regie ale unor instalații de intervenție de importanță vitală, dar folosite sporadic.

Prognoza valorificării energiei valurilor în R.S. România

În cazul României, considerăm că în următorii ani se vor putea extinde următoarele folosințe:

— *Etapa 1982—1985*: instalații cu puteri de circa 100—250 W folosite la balize luminoase, radiobalize și faruri, în zone izolate sau zone greu accesibile, precum și pentru alimentarea sistemelor de măsură oceanologice.

— *Etapa 1985—1990*: instalații cu puteri de circa 5—10 kW folosite la alimentarea cu energie electrică a unor platforme de observație și cercetare, explorare sau exploatare petrolieră și geologică.

— *Etapa 1990—2000*: instalații cu puteri de 100—200 kW folosite la alimentarea de bază cu energie electrică a unor industrii izolate, de mică amploare, amenajate în diferite zone ale litoralului.

În ceea ce privește utilizarea unor instalații cu puteri mai mari — de ordinul a 1—10 MW — nu se consideră că acestea vor fi economice în următorii 20 de ani la Marea Neagră.

Toate aprecierile făcute mai sus trebuie însă validate, pentru fiecare situație în parte, de un calcul tehnico-economic de comparație cu alte alternative energetice. Numai în urma unui studiu economic comparativ se poate afirma care din variantele de alimentare a unui bene-

ficiar este de preferat în conjunctura respectivă, tehnologică și de prețuri.

Ținînd seama de considerațiile făcute pînă în prezent în diferite lucrări privind valoarea potențialului energetic al unor surse de energie neconvențională, apreciem (n.a.) comparativ următoarea evoluție a intrărilor în circuitul economic :

Resursa energetică	Potențial amenajat (TWh/an)				Potențial total (TWh/an)
	1985	1990	1995	2000	
Energie solară	0,5	2	5	10	30
Energie eoliană	0,1	1	3	5	10
Energia valurior	—	0,1	0,5	1	4

Această estimare s-a făcut ținîndu-se seama că utilizarea energiei solare și eoliene beneficiază de un important avans tehnologic, de suportul altor procedee tehnice, deja asimilate pe larg în industria noastră, precum și de condițiile de economicitate superioară pentru ambele metode față de energia valurilor, prognozate pe plan mondial pînă în jurul anului 2000.

În afară de aceste considerații, relativ succinte, dar totuși reale, precizăm că utilizarea energiei valurilor va fi rațională într-un anumit stadiu economic și la noi în țară, din următoarele motive :

— prin specificul lor, instalațiile de captare și conversie a energiei valurilor vor putea aduce un aport important la acțiunea de protecție costieră, prin faptul că vor absorbi o parte din energia valurilor, iar în acest fel indicii tehnico-economici vor deveni avantajoși ținînd seama de folosința complexă ;

— în cazul dezvoltării în paralel a sistemelor de captare a energiei eoliene și solare pe platforme plutitoare, includerea instalațiilor de captare a energiei valurilor în platforme complexe de producere și stocare a energiei va asigura indici superiori de investiție și producție pentru întreaga amenajare ;

— această sursă de energie are — pe lîngă avantajul că este regenerabilă și gratuită — și pe acela că este nepoluantă și nu necesită apă de răcire ;

— din punct de vedere al implicațiilor ecologice, nu se întrevăd în momentul de față modificări nefavorabile de nici o natură ;

— instalațiile pot fi realizate cu mijloace interne în ceea ce privește concepția, cercetarea, proiectarea cît și execuția, fiind apropiate ca tehnologie și dificultate de forajul și exploatarea petrolului marin, domeniu în care țara noastră își va spori continuu preocupările și experiența.

În condițiile în care în anul 2000 producția de energie electrică a României se estimează că va ajunge la circa 130—140 TWh/an, producția de 1 TWh pe care va putea să o ofere energia valurilor de pe litoralul românesc la acea dată, după cele mai optimiste aprecieri, va reprezenta mai puțin de un procent.

Față de prognoza defavorabilă a acoperirii necesităților de energie atît pe plan intern cît și pe plan mondial, este oportun ca energia valurilor să fie luată în considerație pentru utilizările în care se va dovedi competitivă. De asemenea este necesar să se continue cercetările în acest domeniu pentru a se putea lua decizii corecte atunci cînd politica energetică și prețurile altor resurse vor suferi noi modificări.

Bibliografie

[1] Anghel, G. și Stere, C. *Studiul preliminar necesar evaluării potențialului energetic al valurilor de pe platforma litorală a Mării Negre.* ICIF, 1975.

[2] Ambli, N. și Budal, K. *Wave power conversion by a row of optimally operated buoys.* Raport 4.5.-2, Conferința Mondială a Energiei, Istanbul, 1977.

[3] Bondar, C. *Studiu hidrologic — evaluarea preliminară a potențialului energetic al valurilor pe litoralul românesc al Mării Negre,* I.M.H. 1975.

[4] McCormic, M. *Analysis of a Wave, Energy Conversion Buoy.* A.S.M.E. Paper no 74—WA, New York, 1974.

[5] Diaconu, V. *Studiu preliminar necesar evaluării potențialului energetic al valurilor de pe litoralul românesc al Mării Negre.* I.R.C.M., 1975.

[6] Enache, M. *Studiu de oportunitate privind trecerea la înfăptuirea unui program de cercetare și experimentări în problema folosirii energiei valurilor în scop energetic.* ICEMENERG-5007/1975.

[7] Enache, M. *Captarea energiei valurilor — realizări și perspective.* Comunicare la sesiunea ICEMENERG, 1977.

[8] Enache, M. și Diaconu, V. *Evaluarea potențialului energetic al valurilor de pe litoralul românesc al Mării Negre.* I.R.C.M., Constanța, 117/1978.

[9] Enache, M. și Diaconu, V. *Studiu de evaluare a resurselor și de fundamentare a programului de valorificare a energiei valurilor pe litoralul românesc al Mării Negre.* I.R.C.M. Constanța, 141/1979.

[10] Kayser, H. *Ein hydroelektrischer Wellengenerator für Bojen.* În: Interocean, 73, vol. 2, p. 1052—1057.

[11] Leisman, J. și Scobie, G. *The development of wave power — a techno-economic study.* Department of Industry, 1975.

[12] Masuda, Y. *Wave activated generator.* International Colloquium on the Exposition of the Oceans, Bordeaux, 1971.

[13] Trifonov, T. *Energiata na morskie vilni i perspektivi na neinato isplavavonie v Cerno More.* În: Energhetika nr. 8, 1977, R.P. Bulgaria.

[14] * * * Water Power, nr. 11, 1979.

[15] * * * *Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000.*

(Articol intrat în redacție la 2 aprilie 1980)

Posibilităţi de implementare a unei pompe de căldură în sistemul de încălzire al unei case solare

dr. ing. **Mihai G.M. Pop**[*)]
ing. **Dumitru Manea**[*)]
ing. **Ecaterina Ursu**[*)]
ing. **Dan Constantinescu**[**)]
ing. **Rodica Mitrofan**[**)]

Sisteme combinate : energie solară — pompă de căldură

Se vorbeşte de mult timp de faptul că energia solară poate fi folosită cu succes ca sursă primară pentru încălzirea locuinţelor. În ultimii 40 de ani au fost concepute peste 30 de sisteme de încălzire solară şi foarte multe pentru prepararea apei calde menajere. Aceste sisteme sînt încă în fază de experimentare, întrucît doar cîteva au fost construite şi testate [1].

O aplicaţie interesantă o constituie folosirea energiei solare ca sursă primară de încălzire într-un sistem de pompă de căldură.

Tehnica cea mai utilizată astăzi pentru captarea energiei solare este aceea a colectoarelor plane. Cuplarea unei pompe de căldură la o instalaţie solară permite funcţionarea colectoarelor solare la temperaturi coborîte, deci cu randamente ridicate de captare a energiei solare. Energia captată este preluată prin circulaţia apei (sau a unui alt fluid) prin tuburile aflate în contact cu placa colectoare. În scopul reducerii suprafeţei colectoarelor solare, sistemul de pompă de căldură poate utiliza în timpul zilei şi căldura extrasă din aerul exterior (în afara celei provenite din radiaţia directă a soarelui), avînd în acest scop un circuit cu două evaporatoare, unul situat în aer liber, în afara clădirii, şi altul în rezervorul de acumulare din care extrage căldură.

Sistemele actuale de încălzire solară cuplate cu pompe de căldură pot fi echipate cu :

— pompe de căldură apă-apă, considerate ca soluţii pentru încălzirea caselor individuale ;

— pompe de căldură apă-aer, potrivite mai mult la încălzirea birourilor, sălilor de spectacole etc., deci la debite de căldură superioare cifrei de 20 000 kcal/h.

Astfel de sisteme funcţionează în diferite ţări, cum ar fi în S.U.A., la Laboratorul de energetică solară al Universităţii din Arizona [1], în Japonia [2], [3], în Austria [4] etc. La majoritatea sistemelor existente, căldura stocată în rezervorul de acumulare din circuitul colectoarelor solare poate fi utilizată în două moduri :

— direct — atunci cînd temperatura apei din rezervor este suficient de mare pentru a asigura încălzirea încăperilor ;

— indirect (prin intermediul pompei de căldură) — cînd apa caldă este circulată prin evaporatorul pompei de căldură, cedînd căldură acestuia.

Preocupări în domeniul pompelor de căldură în case solare în R.S. România

În R.S. România preocupările în domeniul utilizării energiei solare datează de circa şase ani. Acestea s-au concretizat prin realizarea multor obiective răspîndite în mai toate judeţele ţării. La Cîmpina, printre soluţiile de încălzire a casei solare de tip activ, s-a studiat şi posibilitatea integrării pompei de căldură pentru ridicarea nivelului de temperatură al agentului termic.

La casa solară sistem activ, pentru care s-a efectuat studiul posibilităţii implementării unei pompe de căldură, există deja următoarele elemente ce pot fi utilizate în schema aleasă :

— colectoare solare plane (CS) ;

— un rezervor de acumulare de 3 m³ ($R1$) prevăzut cu rezistenţe electrice pentru încălzirea de vîrf (IV) ;

— pompe pentru vehicularea agentului de lucru prin colectoarele solare ($P1$) ;

— două rezervoare de acumulare ($R2$) şi ($R3$) de cîte 5 m³ fiecare ;

— pompe pentru circulaţia apei prin corpurile de încălzire ($P4$) ;

— corpurile de încălzire (CI).

Avînd în vedere existenţa acestor elemente, se poate concepe o schemă de principiu a integrării pompei de căldură în casa solară în discuţie, schemă prezentată în figura 1.

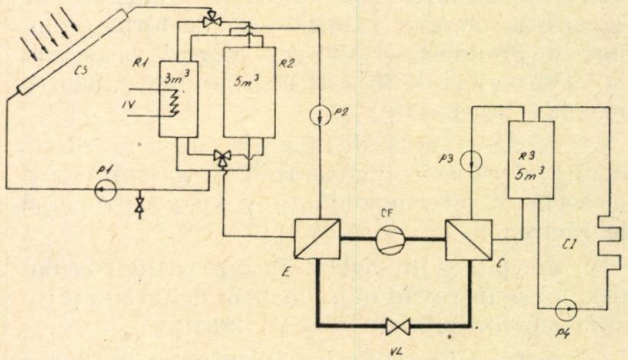


Fig. 1. Schema de principiu a integrării pompei de căldură în casa solară.

Apa încălzită în colectoarele solare plane este condusă la rezervoarele de acumulare $R1$ şi $R2$, de 3 şi respectiv 5 m³.

Prin intermediul pompei $P2$, apa din rezervoarele de acumulare, avînd temperaturi cuprinse între 15—35°C, este introdusă în evaporatorul pompei de căldură (E), cedînd căldură

*) cercetători ştiinţifici la ICEMENERG.
**) cercetători ştiinţifici la INCERC.

agentului frigorific — freon 12. La condensatorul pompei de căldură (C) se obţin sarcini termice suficient de mari pentru a asigura în rezervorul de acumulare $R3$ temperaturi cuprinse între 30—55°C. Din acest rezervor de acumulare, apa este purtată cu ajutorul pompei $P4$ prin corpurile de încălzire.

O parte din căldura stocată în rezervorul de acumulare $R3$ va putea fi folosită şi pentru prepararea apei calde menajere, în cazul în care se acoperă necesităţile de căldură pentru încălzire.

Reglarea acestui sistem se va putea face prin pornirea sau oprirea pompei de căldură, în funcţie de nivelul de temperatură al apei din rezervoarele de acumulare $R3$ şi, respectiv, $R1$ şi $R2$.

Avînd în vedere că necesarul de căldură al casei solare este de circa 12 000 kcal/h, pentru execuţia pompei de căldură a trebuit să fie ales un grup frigorific asigurînd această sarcină termică la condensator, în condiţiile de temperatură impuse (15—35°C) în rezervoarele de acumulare $R1$ şi $R2$.

În acest scop a fost ales grupul compresor-condensator tip TGCCAC-40 K, proiectat de ICPIAF-Cluj şi executat la Întreprinderea „Tehnofrig" — Cluj-Napoca [5].

Grupul, prezentat în figura 2, se utilizează în mod curent pentru producerea frigului într-o serie de procese tehnologice în industria chimică, în industria alimentară, la fabricile de prelucrare a laptelui, la fabricile de bere, abatoare, la condiţionarea aerului şi în general în toate ramurile industriale unde este necesară, la procesele de răcire, o temperatură de vaporizare între —9 şi +5°C. În toate cazurile descrise mai sus, grupul este folosit pentru utilizarea capacităţii frigorifice a vaporizatorului. În cazul care ne interesează nu se va folosi capacitatea frigorifică a vaporizatorului, ci căldura cedată la condensator.

În mod teoretic nu există nici un fel de problemă pentru implementarea unui sistem de

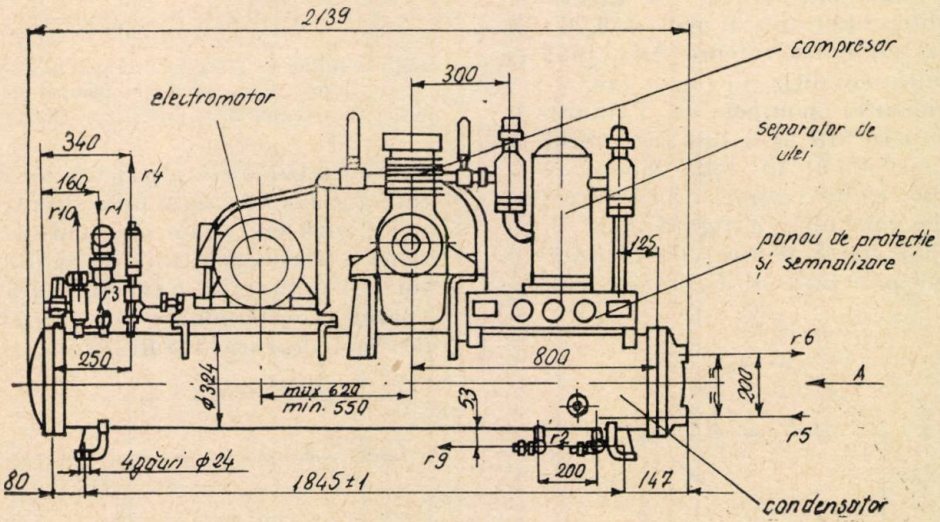
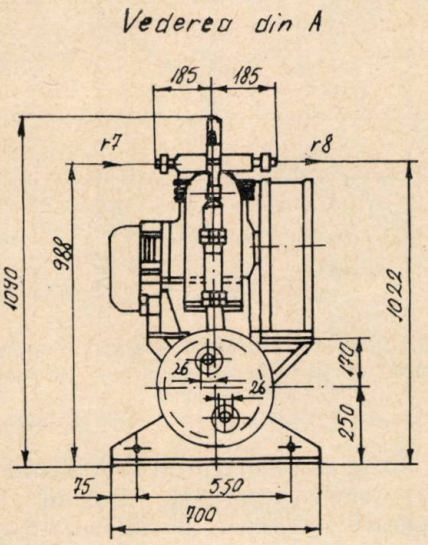


Fig. 2. Grupul compresor-condensator tip TGCCAC-40K.



pompă de căldură utilizînd energia solară în cadrul unei case solare. Trebuie însă făcute studii atente pentru ca sistemul să fie economic. Sistemele optime livrează între 40 şi 60% din energia necesară încălzirii unei case, cealaltă parte fiind acoperită de surse convenţionale sau prin încălzire electrică directă [1], [6].

Influenţa temperaturii apei din rezervoarele de acumulare asupra eficienţei pompei de căldură

Se ştie că eficienţa unei pompe de căldură este cu atît mai mare cu cît este mai mică diferenţa de temperatură dintre mediul din care preia căldura şi cel în care cedează căldura (în cazul nostru apa din instalaţia de încălzire).

Instalaţia existentă la casa solară sistem activ are în componenţă două rezervoare de acumulare în circuitul solar, de 5 m³ şi, respectiv,

3 m³, în care temperatura apei variază între 15 și 35°C, în funcție de condițiile de insolație, suprafața de captare a radiației solare fiind de 78 m² [7].

Pentru a prelua sarcina de 12 000 kcal/h, care corespunde valorii indicate de furnizor pentru vaporizatorul pompei de căldură (necesară satisfacerii consumului de căldură al casei solare în condiții de iarnă medie), este necesară utilizarea întregului volum disponibil de apă al casei solare, adică 8 m³.

Calculul eficienței pompei de căldură s-a efectuat în domeniul de temperaturi 15—35°C, din 5 în 5°C, impunîndu-se de fiecare dată o anumită cantitate de căldură, Q_{rez}, preluată din rezervoarele de acumulare. Pe baza acestei cantități de căldură rezultă o anumită diferență de temperatură în rezervor, Δt_{rez}, și o cantitate de căldură în evaporatorul pompei de căldură, Q_0. Considerînd randamentul teoretic al evaporatorului $\eta^t_{ev} = 0{,}98$, va rezulta o nouă cantitate de căldură, Q^1_{rez}, și un nou Δt^1_{rez}. Dacă diferența $\Delta t_{rez} - \Delta t^1_{rez} \leqslant 0{,}08$ °C/h, precizia calculului efectuat este considerată satisfăcătoare. Dacă această diferență este mai mare de 0,08°C/h, calculul se reia cu noua valoare Δt^1_{rez}, pînă ce va fi îndeplinită condiția de mai sus.

Calculul eficienței pompei de căldură în funcție de temperatura apei din rezervorul de acumulare a fost făcut în două moduri :

— considerînd ciclul pompei de căldură fără subrăcire (linia continuă în figura 3);

— considerînd ciclul pompei de căldură cu subrăcire (linia punctată în figura 3).

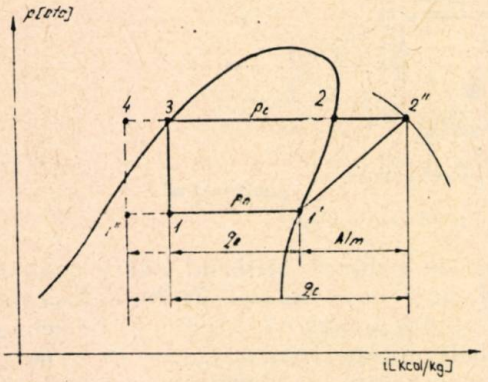


Fig. 3. Diagrama ciclului pompei de căldură.
——— fără subrăcire; — — — cu subrăcire.

Rezultatele calculelor efectuate pentru varianta fără subrăcire sînt prezentate în tabelul 1. Pentru ciclul cu subrăcire, calculul decurge în mod similar, constatîndu-se în ambele cazuri că variația eficienței pompei de căldură prezintă practic un palier, pentru primul caz în jurul valorii 5,2, iar pentru al doilea caz în jurul valorii 5,405 (fig. 4).

Cîștigul obținut prin utilizarea ciclului cu subrăcire este în acest caz de numai 0,205 la eficiența pompei de căldură, ceea ce reprezintă 3,9%, adică 0,115 kWh,

Deoarece pentru realizarea ciclului cu subrăcire este necesar un schimbător de căldură suplimentar la ieșirea din condensator, cu conductele și armăturile aferente de legătură, precum și spațiul necesar amplasării acestora, investiția suplimentară nu este justificată, economia adusă la consumul de energie electrică neputînd-o acoperi decît într-o perioadă foarte îndelungată.

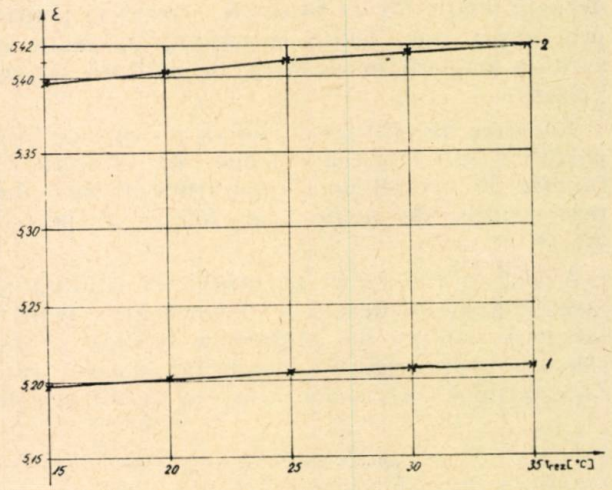


Fig. 4. Influența temperaturii apei din rezervorul de acumulare asupra eficienței pompei de căldură.
1 — instalație fără subrăcitor; *2* — instalație cu subrăcitor.

De aceea calculele ulterioare au luat în considerare numai varianta fără subrăcire.

Pe baza calculelor efectuate s-a putut determina variația debitului de căldură la condensator atît în funcție de temperatura apei din rezervoarele de acumulare (fig. 5), cît și în funcție de temperatura rezultată la condensator. Și

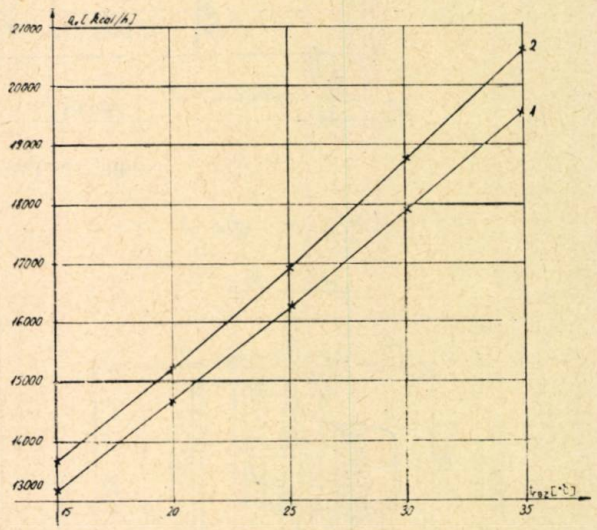


Fig. 5. Variația debitului de căldură în condensatorul pompei de căldură în funcție de temperatura apei din rezervorul de acumulare.
1 — instalație fără subrăcitor; *2* — instalație cu subrăcitor.

într-un caz și în altul variația debitului de căldură este foarte puternică, fiind, în domeniul de temperaturi amintit, de circa 50%.

Tabelul 1

Variaţia eficienţei pompei de căldură în funcţie de temperatura apei din rezervorul de acumulare, în cazul ciclului fără subrăcire

Temperatura, t_{rez}(°C)	15	20	25	30	35
Q_0 [kcal/h]	11904	13285	14661	16093	17540
Q_{rez} [kcal/h]	12146	13556	14960	16421	17898
Δt^{rez} [°C/h]	1,518	1,694	1,87	2,052	2,237
$\Delta t^{rap.}_{med.}$ [°C]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
t_0 [°C]	10,70	15,59	20,522	25,40	30,30
p_0 [ata]	4,4	5,0945	5,864	6,70879	7,641
v_0 [m³/kg]	0,041214	0,035884	0,0313011	0,027438	0,024144
i'_1 [kcal/kg]	138,15	138,663	139,16698	139,646	140,104
ρ [−]	2	2	2	2	2
p_c [ata]	8,8	10,189	11,728	13,41756	15,282
t_c [°C]	35,8	41,72	47,63	53,48	59,38
D_{vr} [m³/h]	16,48	16,48	16,48	16,48	16,48
D_{mr} [kg/h]	399,864	459,2576	526,500	600,627	682,570
k [−]	1,15	1,144	1,137	1,13	1,124
$A \cdot l_m$ [kcal/kg]	3,1788	3,1063	3,093048	2,92429	2,90812
i''_2 [kcal/kg]	141,326	141,7693	142,260	142,5903	143,012
t''_2 [°C]	40	45	51	57,3	62,5
i_3 [kcal/kg]	108,38	109,736	111,3201	112,85176	114,406
Δi^{rap} [kcal/kg]	29,77	28,927	27,84688	26,79424	25,698
Q_c [kcal/h]	13175	14712	16300	17935	19525
P_t [kW]	1,4759	1,6564	1,84314	2,0394	2,2244
$\eta_t = \eta_i(\rho)$[−]	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
P_i [kW]	1,89218	2,12364	2,3630	2,6146	2,8519
$P_{frec.}$ [kW]	0,1122	0,1122	0,1122	0,1122	0,1122
P_e [kW]	2,00438	2,23584	2,4752	2,7268	2,9641
$\eta_{me.}$ [−]	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
P_{me} [kW]	2,9476	3,2880	3,640	4,01	4,3590
ε[−]	5,197	5,203	5,203	5,208	5,209

În ceea ce priveşte diferenţa de temperatură în rezervoarele de acumulare, se constată că aceasta creşte foarte puţin, odată cu creşterea temperaturii apei din rezervoare pentru asigurarea debitului necesar de căldură la vaporizatorul pompei de căldură.

Se depăşeşte astfel valoarea maximă impusă (2°C/h) cu 0,237°C/h, fără să conducă la perturbaţii serioase ale distribuţiei de temperatură în rezervoarele de acumulare.

Temperatura agentului frigorific la condensatorul pompei de căldură, pentru varianta fără subrăcire în domeniul de temperaturi considerat (15...35°C), variază între 35,8 şi 59,38°C (fig. 6).

Aceasta limitează şi temperatura apei din circuitul de încălzire al casei solare. Din tabelul 1 se poate vedea că, în cazul variaţiei temperaturii apei din rezervoarele de acumulare $R1$ şi $R2$ între 15 şi 35°C, cantitatea de căldură Q_0 la vaporizatorul pompei de căldură creşte continuu de la 11 904 la 17 540 kcal/h.

Calculele au arătat că în rezervorul de acumulare $R3$ pompa de căldură cedează cantităţi de căldură cuprinse între 12 911,5 şi 19 134,5 kcal/h.

Cantitatea de căldură cedată apei din rezervorul de acumulare $R3$ va fi stocată în acesta şi prelucrată în funcţie de necesităţi, pentru încălzirea încăperilor casei solare sau pentru prepararea apei calde menajere. Acoperirea necesarului de căldură al casei solare s-a calcu-

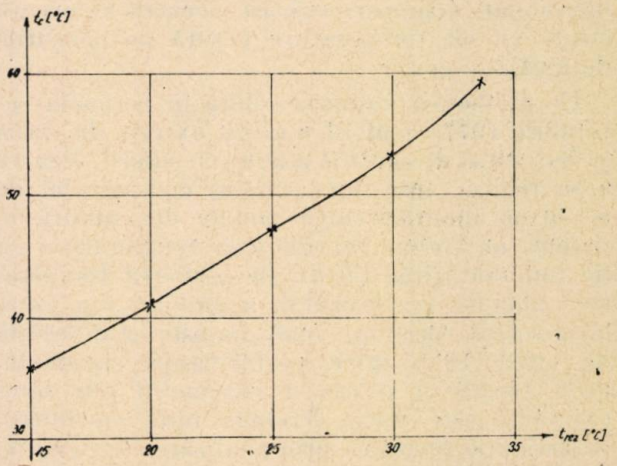


Fig. 6. Variaţia temperaturii în condensator în funcţie de temperatura apei din rezervorul de acumulare.

lat ţinînd seama de această cantitate de căldură, precum şi de ceilalţi factori ce intervin în determinarea acesteia.

Analiza consumului de căldură al casei solare sistem activ cu pompe de căldură

O analiză exactă a sistemului, pornind de la impulsul energetic dat de radiaţia solară şi terminînd cu răspunsul energetic şi termic al

instalației, se poate face numai prin programare secvențială în timp real. În lucrarea de față nu s-a realizat acest lucru ; în schimb, s-a elaborat un model matematic de testare a sistemului. Acesta cuprinde ca parametri variabili pe toți aceia care concură la funcționalitatea sistemului, putînd stabili anumite priorități în optimizarea tehnică și ulterior tehnico-economică a sistemului. Pe baza acestei metode s-au efectuat calculele de acoperire pentru sezonul de încălzire 1977—1978 pentru condițiile casei solare considerate.

Rezultatele comparative între soluția pur solară și soluția mixtă soare + pompă de căldură sînt prezentate în tabelul 2.

de căldură ale construcției. Astfel, prin reducerea cu 50% a coeficientului global de pierderi de căldură (de la $\Sigma SK = 317{,}13$ W/°K la 209,3 W/°K), se obține o performanță de 210% a instalației (de la 41,8% pentru luna decembrie la 87,80% și de la 65,29% anual la 100% cu exces de căldură).

— Prin dublarea suprafeței de captare a radiației solare, performanța nouă este de numai 167% (de la 41,8% la 69,81% pentru același grad de izolare, $\Sigma SK = 317{,}31$ W/°K).

— Influența capacității rezervorului de stocaj este relativ slabă la valori mici ale acoperirii energetice și devine semnificativă la valori superioare. Astfel, pentru media anuală în

Tabelul 2

Rezultate comparative între soluția pur solară și soluția mixtă soare + pompă de căldură

Luna	Oct.	Nov.	Dec.	Ian.	Febr.	Martie	Apr.	Mai
f_S [%]	100	72	27,20	22,60	28,30	44,42	60,50	100
f_{S+PC} [%]	100	100	41,80	50,81	48	63,81	87,32	100
Q_S [kcal/h]	2961	1883	1786	2066	1388	1590	1510	1535
t_{ext} [°C]	8,2	6,6	−2,1	−2,4	−0,6	4,3	8,4	12,0

Ar putea să surprindă faptul că diferența dintre performanțe este mică, dar nu trebuie uitat că temperatura de utilizare a corpurilor de încălzire din casa solară este scăzută și deci efectul pompei de căldură va fi mult diminuat. Analiza pe baza modelului matematic susmenționat demonstrează că această diferență crește cu cît temperatura cerută de corpurile de încălzire crește.

De asemenea, radiația solară în perioada octombrie 1977—mai 1978 a fost extrem de slabă și deci sursa de căldură a avut de suferit. Pentru a se realiza însă un avantaj considerabil de pe urma montării unei pompe de căldură în sistem, ar trebui ca ridicarea temperaturii să fie îmbunătățită, alături de scăderea temperaturii apei din rezervorul de acumulare din instalația solară. Oricum, concluzia este că diferența de circa 10% între performanța sistemului mixt (65,29%) și cea a sistemului pur solar (56,86%) este mică. Trebuie însă continuată investigația teoretică prin analizarea unui astfel de sistem dotat cu corpuri normale de încălzire și în condiții de izolare termică mai puțin pretențioasă a casei solare.

Din analiza variației acoperirii energetice medii pentru diferite grade de izolație termică ale construcției, diferite suprafețe de captare a radiației solare și diferite capacități ale rezervorului de acumulare pe partea solară, se pot desprinde cîteva concluzii interesante :

— Cea mai eficace măsură de creștere a acoperirii energetice este reducerea pierderilor

domeniul de variație 3000—16000 l în cazul utilizării pompei de căldură, variația $f \in [0{,}59 - 0{,}70]$. Pentru luna decembrie, în lipsa utilizării pompei de căldură, $f \in [0{,}24 - 0{,}29]$.

Concluzia care se impune după parcurgerea acestei prime etape a studiului este că, pentru a putea beneficia de avantajele introducerii unei pompe de căldură în instalațiile de încălzire solară, este necesar a se crea și produce agregate care să funcționeze la temperaturi joase în rezervorul de acumulare solar și ridicate la condensator, pe ramura de încălzire interioară. Cu astfel de echipamente s-ar putea dota construcții mai puțin izolate termic și, oricum, echipate cu corpuri de încălzire clasice și deci cu suprafață mai mică de cedare a căldurii.

În momentul de față tehnologia de producere a componentelor sistemului este bine pusă la punct, ceea ce ar permite producerea în serie a acestora.

Problemele generale ridicate de aceste sisteme ar putea fi grupate astfel :

1. *De suprastructură*

a) fezabilitatea tehnică ;
b) viabilitatea economică ;
c) integritatea sistemului ;
d) acceptarea soluției de către consumatori ;
e) interesarea producătorilor de astfel de sisteme și a instituțiilor colaboratoare.

2. *De infrastructură*

a) colectarea energiei solare ;
b) acumularea energiei colectate ;
c) transportul sau transmisia căldurii acumulate ;
d) durabilitatea.

Pînă în etapa actuală, putem aprecia că, la preţurile curente ale echipamentelor necesare unui astfel de sistem, soluţia de încălzire solară cuplată cu pompă de căldură prezintă încă, în România, unele dificultăţi economice. Acestea au un caracter provizoriu, considerîndu-se că vor putea fi depăşite într-un viitor apropiat.

Avînd însă în vedere economia posibilă şi necesitatea tot mai stringentă de conservare a resurselor energetice primare, se impune intensificarea cercetărilor noastre care să facă posibilă aplicarea acestor soluţii în construcţia de locuinţe din R.S. România.

Întrucît aceste soluţii vizează modificarea structurii arhitectonice a construcţiilor, implementarea noilor metode de încălzire va trebui să constituie o preocupare comună a inginerilor termoenergeticieni, a arhitecţilor şi constructorilor.

Notaţii

Simboluri

$A \cdot l_m$ — creşterea entalpiei agentului frigorific la sfîrşitul compresiei, kcal/kg
D — debitul de vapori aspiraţi, m³/h
f — factorul de acoperire a necesarului de căldură, %
i — entalpia, kcal/kg
k — exponentul adiabatic
p — presiunea, ata
P — puterea, kW
Q — cantitatea de căldură, kcal/h
S — suprafaţa, m²
ΣSK — coeficientul global de pierderi de căldură, W/°K
t — temperatura, °C
v — volumul specific, m³/kg
Δ — diferenţă
ε — eficienţa pompei de căldură
η — randamentul
ρ — grad de compresie

Indici

c — condensator
e — electric
ext — exterior
$frec.$ — datorită frecării
i — intern
$max.$ — maxim
me — referitor la motorul electric
med — mediu
min — minim
mr — masic real
rez — referitor la rezervorul de acumulare
p — referitor la panourile solare
S — solar
$S+PC$ — solar plus pompă de căldură
t — total
vap — referitor la evaporator
vr — volumetric real

Bibliografie

[1] Patton, A. *Solar Energy for Heating and Cooling of Buildings.* Noyes Data Corporation, Park Ridge, 1975.
[2] Sakai, I. *Solar Space Heating and Cooling with B1-Heat Sourse Heat Pump and Hot Water Supply System.* International Solar Energy Congress, Los Angeles, 1975.
[3] * * * *ASA Informations — Sonnenenergie*, ianuarie 1978.
[4] * * * *Sonnenenergie — Pumpenfabrik Ernst Vogel*, München.
[5] * * * M.I.C.M. — Fişa tehnică nr. 1871 — 0 FT, *Grup compresor-condensator tip TGCCAC — 40 K (+5°C).*
[6] Pop, M., Manea, D. şi Ursu, Ec. *Sisteme de pompe termice utilizînd energia solară pentru încălzirea clădirilor.* A VI-a Consfătuire a termoenergeticienilor, Rîmnicu-Vîlcea, 15—17 decembrie 1977, II. 1.
[7] Constantinescu, D. *Realizări INCERC în domeniul încălzirii locuinţelor şi preparării apei calde menajere cu ajutorul energiei solare.* A XII-a Conferinţă de instalaţii, Sinaia, nov. 1978, vol. I, p. 62—81.
[8] Chiriac, F. ş.a. *Instalaţii frigorifice.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1975.
[9] Raznjević, K. *Tabele şi diagrame termodinamice*, Editura tehnică, Bucureşti, 1978.

(Articol intrat în redacţie la 5 februarie 1980)

Posibilităţi de reducere a coroziunilor şi depunerilor prin utilizarea aditivului românesc de combustie a păcurii sulfuroase

Ing. **Viorica Neaţu**
şi ing. **Magdalena Matei***)

Dintre resursele energetice la nivelul celui de-al optulea deceniu al secolului nostru rămîn încă cu ponderea cea mai mare cele clasice : combustibilii fosili — cărbunii şi hidrocarburile lichide şi gazoase, — energia hidraulică avînd o pondere mai redusă, iar resursele nucleare fiind în curs de ascensiune în energetica mondială.

Schimbarea structurii balanţei energetice a diferitelor state în privinţa ponderilor diverşilor combustibili este determinată de posibilităţile şi utilitatea acoperirii necesităţilor din rezervele proprii sau din import, în funcţie de economicitate, de introducerea unor procese tehnologice noi sau de schimbări în ponderea anumitor clase de consumatori.

Economicitatea a determinat în ultimele decenii creşterea aproape constantă a ponderii combustibililor fluizi în balanţa energetică. În figura 1 este prezentată evoluţia ponderii diferiţilor purtători de energie începînd din anul 1940 şi pînă în anul 2000, pe baza unor metode de prognoză.

*) Ing. Viorica Neaţu este cercetător ştiinţific principal în cadrul Secţiei de cercetări în chimia energetică din ICEMENERG ; ing. Magdalena Matei este cercetător ştiinţific în cadrul aceleiaşi secţii.

Consumul mondial din rezervele de țiței a sporit în ultimul timp cu circa 8% pe an, și anume de la 1,3—1,5 Gt c.c. în 1960 la 2,25—3,15 Gt c.c. în 1970—1971.

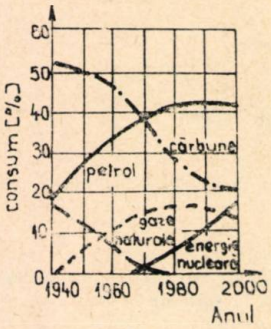


Fig. 1. Structurile consumului mondial anual de purtători de energie în anii 1940—2000.

Dintre rezervele probate de țiței, circa 56% se găseau în 1970 în Orientul Mijlociu (din care circa 22% în Arabia Saudită, 12% în Iran, 11% în Kuweit, 6% în Irak și 5% în rest). La nivelul anului 1970, cei mai mari consumatori de țiței erau S.U.A. cu 32,5% din consumul mondial, Europa de Vest cu 26,8%, U.R.S.S. cu 10,9% și Japonia cu 8,5%, sursele importante de aprovizionare ale Europei de Vest și Japoniei fiind Orientul Mijlociu și Africa de Nord. Cele mai multe țări industrializate importă însă numai țițeiul, pe care îl prelucrează în rafinării proprii.

În ultimul timp au fost încheiate contracte economice prin care R.S.R. importă țițeiul din unele țări din Orientul Mijlociu. Ca urmare, păcura rezultată prin prelucrarea acestuia diferă calitativ de cea rezultată din țițeiul românesc, datorită faptului că petrolul din Orientul Mijlociu are în compoziția sa o pondere însemnată de compuși organici complecși ce conțin sulf, vanadiu și sodiu.

Prezența acestora în păcură generează o serie de dificultăți în exploatarea cazanelor și centralelor termoelectrice alimentate cu acest nou tip de combustibil pentru țara noastră — păcura sulfuroasă — și anume :

— prezența anhidridei sulfurice în gazele de ardere, rezultată în urma combustiei sulfului din păcură, generează apariția fenomenului de coroziune de joasă temperatură datorită ridicării valorilor punctului de rouă acid, de unde derivă necesitatea menținerii temperaturii gazelor de ardere evacuate la coș la un nivel ridicat, fapt ce afectează randamentul termic al instalației ;

— formarea pentaoxidului de vanadiu în urma combustiei provoacă formarea de depuneri aderente și apariția fenomenelor de coroziune de înaltă temperatură în zona suprafețelor schimbătoare de căldură funcționînd la un nivel termic ridicat (supraîncălzitorul convectiv), fapt ce limitează temperatura de ieșire a aburului.

— conținutul ridicat de bioxid de sulf și anhidridă sulfurică din gazele de ardere provoacă poluarea atmosferei.

Apariția coroziunilor și depunerilor pe suprafețele schimbătoare de căldură este favorizată de funcționarea cu un exces de aer mai mare de 2%, întrucît conduce la oxidarea completă a sulfului și vanadiului din păcură, începînd din flacără și continuînd în zonele de radiație și de convecție de pe traseul gazelor de ardere, reacții în urma cărora rezultă anhidrida sulfurică și pentaoxidul de vanadiu — cele două componente nocive ale gazelor de ardere.

Reacția de formare a anhidridei sulfurice este :

$$SO_2 + 1/2\ O_2 \rightarrow SO_3 + 22{,}6\ \text{kcal/mol.} \quad (1)$$

Pentru ca această reacție să aibă loc în flacără în mod ireversibil, este necesar să se producă o ciocnire între trei atomi sau molecule reactive, astfel încît suma conținutului în energie a celor trei atomi sau molecule, să fie mai mare decît energia de legătură a moleculei formate. În cazul în care nu există o a treia moleculă M, care să absoarbă surplusul de energie, celelalte două continuă să aibă mișcări independente, sau, mai rar, se formează, totuși, o moleculă de SO_3, care absoarbe excesul de energie, după care o cedează prin radiație sau prin ciocnire ulterioară cu alte molecule, după reacțiile :

$$SO_2 + O \rightarrow SO_3^* \quad (2)$$

$$SO_3^* \rightarrow SO_3 + h\nu \quad (3)$$

sau

$$SO_3^* + M \rightarrow SO_3 + M^* \quad (4)$$

Mecanismul acesta este specific oxidării SO_2 la SO_3. Reacția de formare a SO_3 este reversibilă, astfel încît imediat ce se atinge concentrația de echilibru începe disocierea SO_3.

Întrucît moleculele activate se găsesc doar în flacără, reacția de oxidare nu se petrece decît în această zonă, chiar dacă crește excesul de aer pe traseul gazelor de ardere.

Formarea, în continuare, a anhidridei sulfurice, în zona de radiație și, cu preponderență, în zona de convecție a suprafețelor schimbătoare de căldură, se datorează efectului catalitic generat de V_2O_5 și alți oxizi metalici proveniți din coroziunea metalului.

În cursul reacțiilor de oxidare se formează compuși intermediari, care au rolul de transportori de oxigen :

$$V_2O_5 + SO_2 \rightleftharpoons V_2O_4 \cdot SO_3 \quad (5)$$

$$V_2O_4 \cdot SO_3 + 1/2\ O_2 \rightleftharpoons V_2O_5 + SO_3 \quad (6)$$

$$SO_2 + 1/2\ O_2 \rightleftharpoons SO_3 \quad (7)$$

Rolul catalitic al suprafeţelor metalice poate fi ilustrat prin următoarele ecuaţii chimice :

$$Fe_2O_3 + 6\ SO_2 + 3\ O_2 \rightleftharpoons 2Fe_2(SO_4)_3 \quad (8)$$

$$2\ Fe_2(SO_4)_3 \rightleftharpoons 2Fe_2O_3 + 6\ SO_3 \quad (9)$$

$$6\ SO_2 + 3O_3 \rightleftharpoons 6\ SO_3 \quad (10)$$

În zonele reci ale cazanului (după economizor, preîncălzitoare de aer, canale de gaze de ardere şi coş), vaporii de apă din gazele de ardere condensează, dizolvînd anhidrida sulfurică cu formare de acid sulfuric. Apariţia picăturilor de acid sulfuric marchează temperatura punctului de rouă acid. Acidul format se depune pe părţile reci ale cazanului, atacînd fierul, cu formare de sulfat feros.

Apariţia unor combinaţii nocive — pentaoxidul de vanadiu, sulfaţii şi, în special, pirosulfaţii alcalini cu puncte de topire joase (V_2O_5 — 675°C, Na_2SO_4 — 884°C, $Na_2S_2O_7$ — 400°C) stimulează formarea depunerilor pe supraîncălzitorul convectiv prin generarea de eutectice ce coboară temperatura de înmuiere a cenuşii. Ca urmare, aceasta trece în stare plastică şi prin impact aderă la suprafeţele metalice mai reci ; depunerile formate izolează ţevile, împiedicînd schimbul de căldură, ceea ce duce la încălzirea mai puternică a stratului exterior ; în acest caz există tendinţa ca de acesta să se lipească o cantitate mai mare de cenuşă decît cea aderentă în mod normal la ţevile curate. Interspaţiile dintre ţevi se reduc, ceea ce conduce la mărirea vitezei gazelor de ardere şi, deci, la creşterea forţelor de lovire ale particulelor antrenate. Prin urmare, ritmul de murdărire a suprafeţelor de transfer termic devine mai alert, pe măsură ce avansează acest proces.

Curăţirea acestui tip de depuneri dure este dificilă, fiind practic impracticabilă îndepărtarea manuală. Un mod eficient de curăţire, indicat de literatura de specialitate [1], este un sistem de presiune înaltă, utilizînd cantităţi reduse de apă la viteze apropiate de cea a sunetului.

Cînd un cazan nu este curăţat, depunerile rămase acţionează ca bază de formare a unor noi depozite, imediat ce cazanul este pus din nou în funcţiune.

Prezenţa depunerilor nu numai că diminuează valoarea coeficientului global de transfer termic, dar şi generează fenomene de coroziune ale metalului, coroziune activă şi de oxigenul şi de anhidrida sulfurică din gazele de ardere.

Caracterul complex al acestor reacţii, precum şi interdependenţa efectelor celor două elemente nocive — V_2O_5 şi SO_3 — se poate pune în evidenţă prin reacţiile de coroziune vanadică de mai jos :

$$Me + V_2O_5(topit) \rightarrow MeO + V_2O_4(solid) \quad (1)$$

Tetraoxidul de vanadiu solid nu este stabil şi imediat în prezenţa oxigenului liber se transformă în pentaoxid de vanadiu în stare lichidă.

$$2V_2O_4(solid) + O_2 \rightarrow 2V_2O_5\ (topit) \quad (2)$$

Reacţiile dintre depuneri şi metal pot fi următoarele :

$$Na_2O \cdot V_2O_4 \cdot 5V_2O_5 + 1/2O_2 \rightarrow Na_2O \cdot 6V_2O_5 \quad (3)$$

$$Na_2O \cdot 6V_2O_5 + Me \rightarrow Na_2O \cdot V_2O_4 \cdot 5V_2O_5 + MeO \quad (4)$$

$$SO_3 + Na_2O \cdot V_2O_4 \cdot 5V_2O_5 \rightarrow Na_2O \cdot 6V_2O_5 + SO_2 \quad (5)$$

Pentaoxidul de vanadiu topit descompune pelicula de oxid metalic, lăsînd metalul curat descoperit pentru oxidarea următoare.

Procesul se desfăşoară continuu atîta timp cît în mediul gazos apare oxigenul.

Pentaoxidul de vanadiu depus pe suprafeţele de schimb de căldură are proprietatea de a migra în interiorul stratului de cenuşă, orientîndu-se spre suprafaţa metalică, în timp ce sulfatul de sodiu se îndreaptă către partea exterioară.

Literatura de specialitate [2] scoate în evidenţă apariţia unei zone de reacţie imediat dedesubtul materialului. Prin aceasta reţelele cristaline ale metalului din straturile superficiale sînt transformate în reţele cristaline ale produselor de coroziune. Creşterea cristalelor şi a zonelor de coroziune are loc structural ghidat în reţeaua materialului, cu premise energetice favorabile.

Prin urmare, prezenţa unor asemenea depuneri pe suprafeţele de transfer termic ale cazanului împiedică transferul de căldură şi produce coroziuni, ceea ce conduce, în ultimă instanţă, la reducerea temperaturii de supraîncălzire a aburului, deci a eficienţei termice şi a duratei de viaţă a instalaţiei.

Cercetările efectuate în vederea combaterii efectelor depunerilor şi coroziunilor de înaltă temperatură au fost axate pe două direcţii :

— funcţionarea instalaţiilor cu un exces de aer minim ;

— utilizarea unor aditivi de combustie drept inhibitori de coroziune.

Dintre lucrările care au mers pe linia diminuării efectelor coroziunii prin funcţionarea instalaţiilor cu un exces de aer minim, se poate cita cea a lui Drake şi Harnett [3].

De asemenea, pe plan mondial au fost testaţi şi folosiţi diverşi inhibitori de coroziune — în mare parte compuşi anorganici care, prin

acțiune fizică sau chimică, ridică punctul de topire al cenușii și o fac mai puțin corosivă [4].

Aditivul de combustie are rolul de :

— a dezactiva produsele de oxidare cu puncte coborîte de topire rezultate din partea minerală a combustibilului (vanadil-vanadați, pirosulfați de sodiu etc.), care condiționează apariția procesului de coroziune de înaltă temperatură ;

— a neutraliza activitatea catalitică a cenușii din păcurile cu conținut ridicat de sulf și vanadiu în procesul de conversie a SO_2 la SO_3 ;

— a interacționa cu SO_3 din gazele de ardere și cu acidul sulfuric în fază lichidă cu formare de produse slab active sub raport corosiv.

Producerea pe scară industrială a aditivilor lichizi de combustie este condiționată de :

— utilizarea unor materii prime indigene cu un cost scăzut și disponibile ;

— stabilirea unei tehnologii de fabricație simplă, bazată pe utilizarea schemelor și instalațiilor tehnologice existente.

De asemenea, aditivii de combustie trebuie să îndeplinească și următoarele condiții :

— să aibă o concentrație suficient de mare în componența activă ;

— să fie stabili în timp ;

— să nu necesite luarea unor măsuri speciale de protecție pentru prevenirea incendiilor, exploziilor și intoxicațiilor în timpul manipulării, transportului, depozitării și utilizării ;

— să nu provoace complicații în exploatarea ehipamentului termoenergetic, de exemplu să nu provoace eroziunea pieselor pompelor de păcură și a injectoarelor ;

— să permită utilizarea unei instalații simple de introducere în focar.

Este normal să nu poată fi satisfăcute toate aceste cerințe simultan, dar trebuie găsită o soluție cît mai apropiată de optim.

În cadrul cercetărilor efectuate de ICEMENERG s-a stabilit că, în condițiile actuale de exploatare a cazanelor, este oportună folosirea unui aditiv pe bază de oxid de magneziu, concomitent cu funcționarea cu un exces redus de aer.

Ca urmare, ICEMENERG, în colaborare cu ICITPR-Ploiești, a stabilit tehnologia de fabricație a aditivului românesc de combustie — suspensie coloidală de oxid de magneziu în ulei mineral — brevet de invenție nr. 61443. În prezent acest produs se fabrică curent la U.C. Rîșnov, materiile prime necesare fiind de proveniență indigenă.

Efectul favorabil al aditivului la arderea păcurii sulfuroase se datorează faptului că oxidul de magneziu activat în flacără reacționează cu anhidrida sulfurică existentă, neutralizînd-o, cu formare de sulfat de magneziu, care, la temperaturi de circa 900°C, se depune în fază solidă pe suprafețele schimbătoare de căldură de pe traseul gazelor de ardere (supraîncălzitorul convectiv).

$$MgO + SO_3 \rightarrow MgSO_4 \qquad (11)$$

Sulfatul de magneziu este o sare stabilă, care intervine în depunerile de vanadil-vanadați de sodiu formate pe supraîncălzitorul convectiv prin mărirea eutecticului cu 100—250°C. Literatura de specialitate prezintă studii detaliate atît asupra sistemului sulfat de sodiu — sulfat de magneziu — pentaoxid de sodiu [5], cît și asupra analizei magneziului ca inhibitor de coroziune [6].

Se arată că magneziul formează un vanadat care blochează pentaoxidul de vanadiu. Una dintre reacțiile de interacțiune ale magneziului cu compușii agresivi este :

$$3MgO + V_2O_5 \rightarrow 3MgO \cdot V_2O_5 \qquad (12)$$

Este foarte important să nu se producă reacția :

$$2MgSO_4 + V_2O_5 \rightarrow 2MgO \cdot V_2O_5 + SO_3, \qquad (13)$$

deoarece $2MgO \cdot V_2O_5$ este de 2 ori mai agresiv decît V_2O_5, în timp ce $3MgO \cdot V_2O_5$ dezactivează compușii vanadiului cu 50%.

Sulfatul de magneziu servește ca diluant, care previne schimbul între V_2O_5 din depunere și elementele de rezistență (Cr, Mo, Ni etc.) din oțel întrerupînd transportul ionilor O^{2-}.

Nici unul dintre compușii formați între sulfatul de sodiu și sulfatul de magneziu nu reduce coroziunea datorată mediului, inhibiția apărînd doar ca efect al diluției.

Din cele arătate mai sus rezultă că magneziul poate controla coroziunea datorată existenței sodiului și vanadiului în combustibil pînă la 900—950°C, atunci cînd sînt menținute raporturile gravimetrice Mg/V=4 și Na/V = 0,01. Un control eficient al coroziunii poate fi menținut la valori mai mari ale raportului Na/V dacă temperatura este mai scăzută sau dacă are loc o creștere a raportului Mg/V.

Simultan, utilizarea aditivilor pe bază de magneziu conduce și la reducerea coroziunilor de joasă temperatură, datorită faptului că scăderea conținutului de SO_3 din gazele de ardere atît prin neutralizare directă conform reacției (11), cît și prin dezactivarea depunerilor ce catalizează conversia SO_2 la SO_3, implică coborîrea valorii punctului de rouă acid al acestora.

În formarea principalelor substanțe corosive, și anume SO_3 și V_2O_5, un rol foarte însemnat îl are excesul de aer, care la valori de peste 2% favorizează formarea acestora. În același timp excesul de oxigen este necesar pentru a conduce arderea complet, eliminînd nearsele chimice care murdăresc suplimentar suprafețele de

schimb de căldură și capetele arzătoarelor cu particule de carbon.

Aditivul de combustie pe bază de oxid de magneziu exercită o influență favorabilă și din acest punct de vedere, întrucît catalizează și reacțiile de ardere, micșorînd energia de activare a acestora și, implicit, creînd posibilitatea reducerii excesului de aer fără formarea nearselor chimice.

Prin urmare, utilizarea aditivului de combustie are ca efecte :

— reducerea depunerilor și coroziunilor de înaltă temperatură ;

— diminuarea efectelor coroziunii sulfurice, în zona rece a cazanului ;

— posibilitatea coborîrii excesului de aer fără a genera nearse chimice.

Într-o primă fază, testarea eficacității aditivului românesc de combustie în ceea ce privește reducerea coroziunilor sulfurice s-a efectuat pe o stație-pilot cu un arzător de 20 kg/h, cu drumul gazelor de ardere tubular și prevăzut cu perdele de V_2O_5. S-a realizat combustia unei păcuri cu un conținut de sulf de 2,58% și de vanadiu de 100 ppm pentru diferite excese de aer, fără adaos de aditiv, cu aditiv de import iș cu aditiv indigen. Variația conținutului de SO_3 în gazele de ardere funcție de conținutul de oxigen, determinată experimental pentru aceste trei cazuri, este prezentată în figura 2.

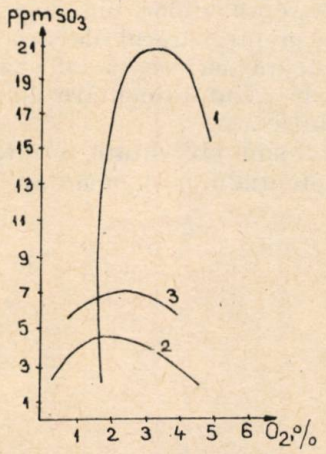


Fig. 2. Variația conținutului de SO_3 în gazele de ardere funcție de conținutul de oxigen la arderea păcurii cu un conținut de sulf de 2,58% pe stație-pilot.

1 — păcură neaditivată ; *2* — păcură cu aditiv străin ; *3* — păcură cu aditiv românesc.

Aditivul românesc de combustie a redus concentrația de SO_3 din gazele de ardere cu 66%, iar cel de import cu circa 78% în raport cu valorile obținute la arderea păcurii neaditivate. Pentru verificarea eficacității aditivului românesc în condiții industriale au fost efectuate experimentări pe un cazan de 420 t/h tip TGM—84 A de la CET Palas-Constanța, la parametrii aburului : t=570°C, p=140 ata. Probele au fost efectuate pentru o păcură cu un conținut mediu de sulf de 2,5%, de vanadiu de 60 ppm și de sodiu de 120 ppm, la sarcini ale cazanului de 270, 350 și 400 t/h, în două etape, pentru păcură neaditivată (timp de circa 3 luni) și pentru păcură aditivată (timp de circa 6 luni).

Măsurătorile efectuate la funcționarea cazanului pe păcură sulfuroasă neaditivată au avut rolul de a servi drept condiții de referință ale criteriilor de apreciere ce urmau să pună în evidență eficacitatea aditivului.

Aditivul românesc de combustie a fost introdus în circuitul de alimentare cu păcură al cazanului, și anume în aspirația pompelor din treapta I. Inițial au fost făcute încercări în vederea stabilirii dozei optime de aditiv, care s-a găsit a fi de 0,05%, raportată la cantitatea de păcură pentru un aditiv cu un conținut de MgO de circa 40%. Aceasta corespunde, în cazul păcurii utilizate, la un raport mediu gravimetric Mg/V = 2/1, sau la un raport mediu molar Mg/V = 4,25/1. Ulterior, cazanul a fost alimentat cu păcură sulfuroasă aditivată cu doza optimă stabilită în cadrul experimentărilor, urmărindu-se comportarea agregatului la funcționare pe o perioadă mai îndelungată.

Eficacitatea aditivului a fost stabilită atît din punct de vedere al diminuării coroziunilor sulfurice, așa-numitul „criteriu SO_3", cît și din acela al reducerii formării depunerilor și coroziunilor de înaltă temperatură, „criteriul depuneri".

„Criteriul SO_3" a fost urmărit prin corelarea rezultatelor obținute pe baza unor măsurători specifice efectuate pe traseul gazelor de ardere în zona după economizor (compoziția gazelor de ardere, respectiv conținutul în CO_2, O_2, SO_2 și SO_3, valoarea punctului de rouă acid, determinarea coroziunii gazelor de ardere printr-o metodă rapidă) cu parametrii de funcționare ai cazanului și caracteristicile păcurii.

Prin „criteriul depuneri" s-a înțeles atît urmărirea volumului și calității depunerilor din punct de vedere al aderenței, durității și culorii, realizată prin aspectarea și fotografierea suprafețelor schimbătoare de căldură, cît și prin analizarea fizico-chimică a acestora.

Influența utilizării aditivului asupra procesului de coroziune a preîncălzitoarelor de aer, canalelor de gaze de ardere și coșurilor de fum, datorat acidului sulfuric provenit prin condensarea apei din gazele de ardere și dizolvarea anhidridei sulfurice, evidențiată prin criteriul SO_3, poate fi urmărită din analizarea datelor măsurătorilor prezentate în tabelul 1.

Rezultatele experimentale obținute au arătat că valorile conținutului de SO_3 în gazele de ardere în zona după economizor sînt de circa 40—50 ppm la arderea păcurii neaditivate cu un conținut de sulf de 2,3—2,4% și de vanadiu de 40—50 ppm pentru un exces de aer de 1,17—1,24. Valoarea numerică a SO_3 de 20 ppm corespunde unui exces redus de aer (1,07).

Tabelul 1

Sinteza măsurătorilor efectuate în timpul experimentărilor pe un cazan TGM-84 A, 420 t/h, la arderea păcurii sulfuroase neaditivate şi cu adaos de aditiv indigen

Sarcina cazanului t/h	Sulf în păcură %	Exces de aer	Punct de rouă acid raportat la temp. ext. °C	SO_3 în gazele de ardere după economizor ppm	Raţia de aditiv %
270	2,33—2,44	1,07—1,24	163—203	20—40	—
350	2,30—2,46	1,07—1,20	188—215	21—40,6	—
400	2,38—2,46	1,10	183—185	28,7—42,4	—
270	2,24—2,46	1,17—1,24	157—165	8,1—28,0*)	0,05
270	2,46	1,24	160	13,0	0,10
350	2,10—2,56	1,06—1,17	156—165	10,0—10,7	0,04
350	2,57	1,17	158	11,8	0,10
400	2,16—2,44	1,06—1,13	157—168	4,0—12,5	0,05
400	3,06	1,11	167	5,3—7,7	0,08

*) Se constată că la un exces de aer foarte mare şi un grad mare de murdărire a cazanului conţinutul de SO_3 scade mai greu la limita nepericuloasă şi, implicit, şi coroziunea sulfurică.

Prin utilizarea aditivului la arderea unei păcuri cu un conţinut de sulf de 2,10—3,06 şi vanadiu de 10—80 ppm în aproximativ aceleaşi condiţii ca şi în cazul precedent, nivelul SO_3 în gazele de ardere s-a situat la valori cuprinse între 4 şi 12, 5 ppm, pentru o raţie de aditiv de 0,04—0,10%.

Se consideră că doza optimă de aditiv pentru o păcură cu un conţinut mediu de sulf de 2,5% şi de vanadiu 60 ppm este de 0,05% în cazul arderii cu un exces relativ redus de aer. În situaţia în care are loc o creştere a conţinutului de sulf şi vanadiu în păcură, sau în cazul în care procesul de combustie nu se poate conduce corespunzător, efectuîndu-se cu un exces mare de aer, este necesară mărirea dozei de aditiv chiar pînă la 0,1% în vederea menţinerii conţinutului de SO_3 la un nivel situat sub limita de periculozitate.

De asemenea, măsurătorile au relevat şi influenţa gradului de murdărire a cazanului asupra procesului de coroziune sulfurică. Astfel, pentru valori similare ale conţinutului de sulf din păcură, ale excesului de aer şi ale dozei de aditiv, măsurătorile efectuate pe un cazan murdar au indicat un conţinut de SO_3 de 21—28 ppm, în timp ce în cadrul probelor executate după revizia cazanului, care funcţionase deja circa trei luni cu aditiv, s-au obţinut valori ale ponderii SO_3 în gazele de ardere de circa 10 ppm.

Calculele arată că prin utilizarea aditivului românesc de combustie la arderea păcurii cu un conţinut mediu de sulf de 2,5% la cazanele de 420 t/h se obţine o reducere a conţinutului de SO_3 în gazele de ardere în medie cu 70%, rezultînd valori ale acestuia similare cu cele înregistrate la arderea păcurii cu aproximativ 1% sulf, deci sub limita acceptabilă din punct de vedere al coroziunii (10 ppm SO_3).

Coborîrea valorilor conţinutului de SO_3 din gazele de ardere conduce, implicit, la scăderea valorilor punctului de rouă acid. Măsurătorile au indicat că utilizarea aditivului de combustie a permis reducerea acestor valori de la circa 183°C la circa 157°C, deci cu circa 25°C. În formularea acestor aprecieri nu s-au luat în consideraţie valorile punctului de rouă acid măsurate în cazul arderii păcurii sulfuroase neaditivate care depăşiseră 200°C, corespunzătoare unor situaţii defavorabile de funcţionare a cazanului (exces de aer foarte ridicat, conţinut mare de sulf, cazan foarte murdar), situaţii care, de altfel, ar deveni frecvente în cazul arderii păcurii sulfuroase timp mai îndelungat fără aditiv de combustie.

Aprecierea potenţialului corosiv al gazelor de ardere a fost realizată atît utilizînd o metodă rapidă de determinare a coroziunii momentane, cît şi prin compararea valorilor pierderilor în greutate ale epruvetelor din tole de OL 37 montate în preîncălzitorul de aer la funcţionarea cu păcură sulfuroasă aditivată, cu cele înregistrate în cazul alimentării cu păcură sulfuroasă neaditivată.

În figura 3 sînt prezentate rezultatele măsurătorilor potenţialului momentan corosiv al

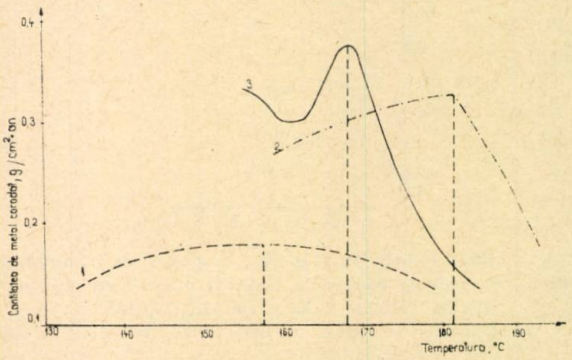


Fig. 3. Potenţialul corosiv momentan al gazelor de ardere în zona după economizor la arderea păcurii sulfuroase, cu şi fără aditiv, la un cazan de 420 t/h.

1 — Q = 400 t/h; α = 1,12; S = 2,43%; *PRA* = 156°C; raţie aditiv = 0,06%
2 — Q = 400 t/h; α = 1,12; S = 2,43%; *PRA* = 183°C; fără aditiv
3 — Q = 270 t/h; α = 1,18; S = 2,04%; *PRA* = 168°C; raţie aditiv = 0,05%.

gazelor de ardere efectuate în zona după economizor pentru sarcina de 380—400 t/h, la arderea păcurii aditivate — curba *1* — şi neaditivate — curba *2* — pentru valori similare ale conţinutului de sulf, 2,43%, şi ale excesului de aer, 1,12. Se poate aprecia că utilizarea aditivului a avut ca efect o reducere a

coroziunii cu circa 45%, datorată scăderii valorii punctului de rouă acid cu 25°C.

Curba *3*, determinată pentru arderea păcurii aditivate la o sarcină de 270 t/h, arată însă că eficacitatea utilizării aditivului este condiționată atît de condițiile de ardere, cît și de gradul de murdărire a cazanului. Se constată că potențialul corosiv al gazelor de ardere este foarte ridicat, chiar în condițiile aditivării, în cazul în care combustia este prost condusă și cazanul este murdar.

În tabelul 2 sînt prezentate valorile medii ale pierderilor în greutate înregistrate la epruvetele montate în preîncălzitorul de aer.

Tabelul 2

Valorile medii ale pierderilor în greutate (%) înregistrate la epruvetele montate în preîncălzitorul de aer, la funcționarea cu păcură sulfuroasă neaditivată și aditivată

Locul amplasării epruvetei	Probă cu păcură neaditivată (672 ore de funcționare)	Probă cu păcură aditivată (984 ore de funcționare)
Dreapta sus	2,19	1,27
Stînga sus	2,53	1,25
Dreapta jos	23,22	1,89
Stînga jos	26,51	1,96

Se constată că la arderea păcurii sulfuroase neaditivate are loc o evidentă distrugere a fagurilor situate la partea inferioară a preîncălzitorului, datorită coroziunii sulfurice. Prin introducerea aditivului are loc o reducere a coroziunii de circa 2 ori în partea superioară și de circa 20 ori în zona inferioară a preîncălzitorului de aer. Efectele favorabile ale utilizării aditivului asupra diminuării coroziunii sulfurice sînt relevate și prin rezultatele obținute în urma analizării apelor de spălare a preîncălzitorului. Astfel, se constată o scădere la jumătate a valorilor conductivității și a conținutului de Fe total și o reducere de 10—12 ori a conținutului de SO_3 în apele de spălare a preîncălzitorului după perioada de experimentare cu aditiv, în raport cu cea fără aditiv.

Prin urmare, analiza eficacității aditivului românesc de combustie la arderea unei păcuri cu un conținut mediu de sulf de 2,5%, prin prisma criteriului SO_3, se concretizează în următoarele :

— reducerea conținutului de SO_3 în gazele de ardere de la 20—40 ppm la 4—13 ppm, deci de circa 4 ori ;

— coborîrea valorii punctului de rouă acid de la circa 183—203°C la 156—168°C, deci cu circa 25°C ;

— diminuarea potențialului corosiv al gazelor de ardere cu circa 45% ;

— reducerea coroziunii sulfurice efective (pe epruvete) de circa 2 ori la partea caldă și de circa 20 ori la partea rece ;

— scăderea la jumătate a valorilor conductivității și conținutului de fier total și o reducere de 10—12 ori a conținutului de SO_4^{2-} în apele de spălare a preîncălzitorului de aer.

„Criteriul depuneri" a fost utilizat în vederea stabilirii eficacității aditivului românesc de combustie în acțiunea de combatere a formării depunerilor și diminuării coroziunii de înaltă temperatură. Pentru o evaluare calitativă a acestei influențe, au fost aspectate și fotografiate suprafețele de transfer termic ale cazanului, atît după funcționarea fără aditiv, cît și cu aditiv.

În comparație cu prima situație, după o primă funcționare timp de 1200 ore cu aditiv în proporție de 0,05% față de combustibil (raport gravimetric Mg/V = 2 :1 sau raport molar Mg/V = 4,25 :1) la parametrii aburului : Q = =270 t/h, t=570°C, p=140 ata, s-au constatat următoarele :

— depunerile de pe suprafețele de schimb de căldură s-au friabilizat considerabil ;

— depunerile care existau în spațiul dintre țevile vaporizatoare s-au diminuat, stratul exterior al acestora devenind friabil, ușor de înlăturat prin lovire ;

— depunerile de pe țevile supraîncălzitorului convectiv s-au redus ;

— depunerile de pe preîncălzitoarele de aer și din camera focară au fost de același ordin de mărime ;

— pe canalele de gaze de ardere, înaintea ventilatoarelor s-au format cantități mai mari de depuneri, fapt ce se explică prin friabilizarea și antrenarea depunerilor formate anterior aditivării pe suprafețele de transfer de căldură ;

— ca urmare a schimbării structurii depunerilor nu s-a mai produs aglomerarea alicelor pe suprafețele convective și nici în buncărele de alice.

Pentru exemplificare sînt prezentate imagini ale țevilor supraîncălzitorului convectiv ieșire abur înainte de aditivare (fig. 4) și după aditivare (fig. 5).

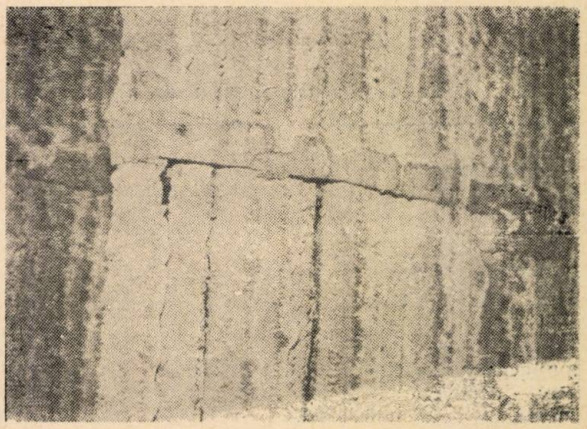


Fig. 4. Țevi ale supraîncălzitorului convectiv fotografiate la oprirea cazanului după funcționarea cu păcură sulfuroasă neaditivată.

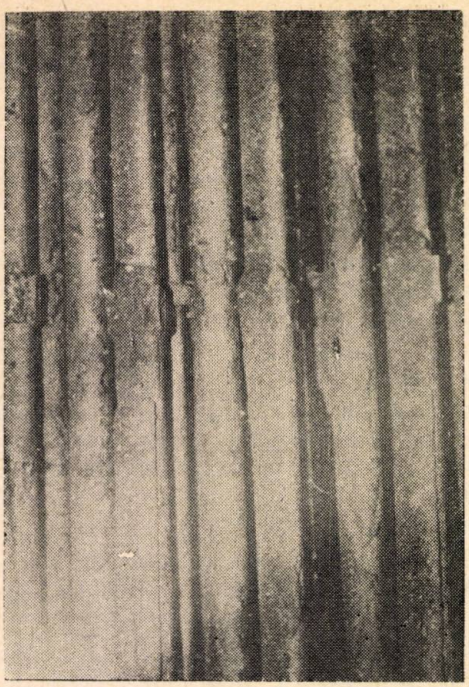


Fig. 5. Țevi ale supraîncălzitorului convectiv fotografiate la oprirea cazanului după funcționarea cu păcură sulfuroasă aditivată.

Procesul de modificare cantitativă și calitativă a continuat și în perioada următoare de funcționare cu aditiv.

Pentru a pune în evidență influența aditivului asupra procesului de coroziune de înaltă temperatură au fost prelevate depuneri de pe țevile ecranului și ale supraîncălzitorului, care au fost analizate chimic, termogravimetric și termodiferențial.

În tabelul 3 este prezentată ponderea elementelor existente în depuneri concludente pentru urmărirea diminuării coroziunii sub influența aditivului.

Se constată că în urma aditivării a avut loc o reducere a conținutului de Fe_2O_3, CaO și Cr în depuneri de circa 2 ori și a cantității de Mo de circa 10 ori, cifre ce oglindesc transformarea calitativă esențială a acestora și diminuarea procesului de coroziune de înaltă temperatură a metalului și de degradare a zidăriei. Comportarea termică a depunerilor a fost cercetată prin analize termogravimetrice și termodiferențiale. Pentru exemplificare sînt prezentate curbele obținute pentru două probe colectate de pe țevile supraîncălzitorului convectiv la oprirea cazanului după funcționare cu păcură sulfuroasă neaditivată (fig. 6) și aditivată (fig. 7).

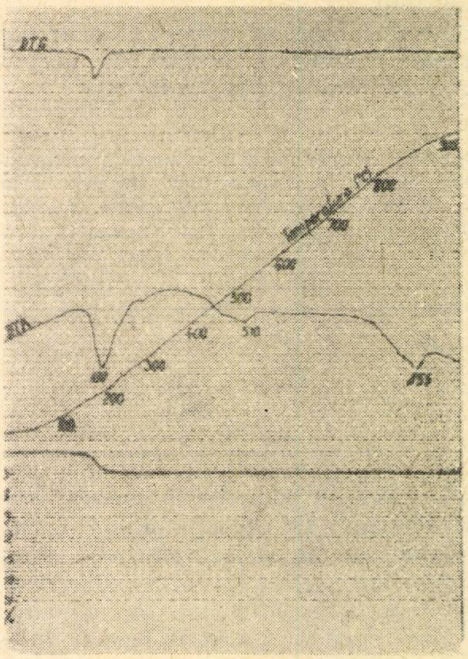


Fig. 6. Analiza termogravimetrică și termodiferențială a unei probe de depunere formată pe țevile supraîncălzitorului convectiv la funcționarea cazanului pe păcură sulfuroasă neaditivată.

Curba termodiferențială (DTA) din figura 6 indică efectele endoterme la 180, 510 și 855°C, iar cea din figura 7 la 120, 220 și 730°C.

Minimele prezentate sub 250°C sînt datorate unor transformări ce nu sînt legate de procesul de coroziune (apar concomitent și pierderi de

Tabelul 3

Evoluția principalelor elemente ale depunerilor formate pe suprafețele schimbătoarelor de căldură

Zona de prelevare a depunerilor		Mai 1977 — fără aditiv					Sept. 1977 — cu aditiv				
		Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Cr ppm	Mo ppm	Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Cr ppm	Mo ppm
Supraîncălzitor convectiv — zgură neaderentă		12,8	6,0	14,2	800	300	9,6	7,4	4,4	400	40
Supraîncălzitor convectiv — depuneri aderente	st.	24,0	6,9	14,3	1500	1300	9,0	6,3	3,7	800	60
	dr.	23,4	5,5	13,4	1800	1500	9,1	8,5	4,3	600	20
Ecran		19,0	7,4	12,0	3000	500	10,5	6,7	4,2	500	40

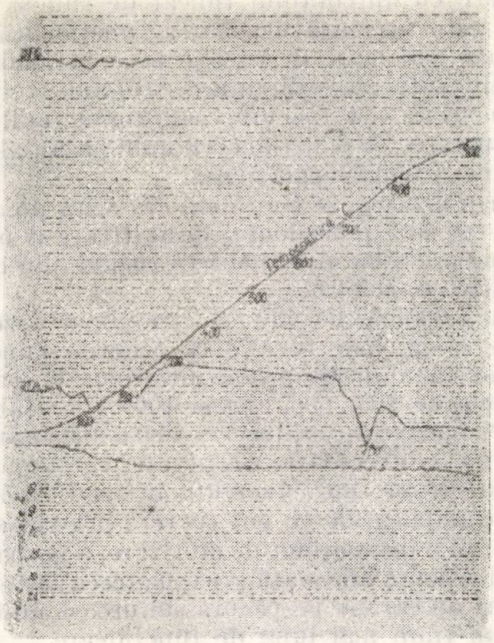


Fig. 7. Analiza termogravimetrică și termodiferențială a unei probe de depunere formată pe țevile supraîncălzitorului convectiv la funcționarea cazanului pe păcură sulfuroasă aditivată.

masă), în timp ce celelalte efecte endoterme indică trecerea probei în fază plastică. Prin urmare, se constată că funcționarea cu aditiv a condus la creșterea temperaturii de înmuiere a depunerii de la 510 la 730°C.

Deci, în cazul funcționării cazanului cu păcură cu un conținut ridicat de sulf și vanadiu utilizînd aditiv de combustie, procesul de coroziune la temperatură înaltă este mult diminuat, punctul de înmuiere al cenușii fiind mult peste temperatura țevilor supraîncălzitorului, chiar în cazul producerii aburului la temperatura de 570°C.

Sintetizînd, se poate spune că eficacitatea aditivului românesc de combustie, analizată prin prisma „criteriului depuneri", se manifestă prin următoarele :

— reducerea volumului și friabilizarea depunerilor de pe suprafețele metalice ale traseului gazelor de ardere ;

— scăderea conținutului de CaO, Fe_2O_3 și Cr din depuneri de circa 2 ori, deci încetinirea procesului de coroziune de înaltă temperatură ;

— creșterea stabilității termice a depunerilor, în sensul urcării punctului de înmuiere la temperaturi peste 700°C, în afara zonei critice periculoase pentru funcționarea cazanului la temperaturi ale aburului de 570°C.

Verificarea eficacității aditivului de combustie românesc la arderea păcurii cu un conținut mediu de sulf de 2,5%, în cazul funcționării cazanelor în regim mixt păcură — gaze naturale, s-a făcut pe cazanele tip TGM-84 A și TGM-84 B de 420 t/h, temperatura aburului de 540°C și presiunea de 140 ata de la CET București-Sud și CET Brazi.

Măsurătorile au constat în urmărirea eficacității aditivului pentru regimurile de alimentare cu combustibil păcură 100%, păcură 67% gaz 33%, păcură 33% — gaz 67%.

Rezultatele experimentărilor efectuate la CET București-Sud sînt sintetizate în tabelul 4.

Se constată că la arderea păcurii neaditivate cu un conținut de sulf de circa 2,5% și vanadiu de circa 70 ppm, pentru sarcina de 400 t/h, valorile conținutului de SO_3 în gazele de ardere în zona după economizor se situează la circa 40 ppm (exces de aer 1,12—1,13) pentru funcționarea integrală pe păcură, circa 36 ppm (exces de aer 1,08—1,15) în cazul regimului mixt 67% păcură — 33% gaz și circa 25 ppm (exces de aer 1,15) pentru regim mixt 33% — 67% gaz.

În cazul utilizării aditivului la arderea unei păcuri cu un conținut de sulf de 2,10—3,06% și vanadiu 70 ppm, în aproximativ aceleași con-

Tabelul 4

Sinteza măsurătorilor efectuate în timpul experimentărilor pe un cazan tip TGM-84 B, 420 t/h, la arderea păcurii sulfuroase neaditivate și cu adaos de aditiv indigen

Sarcina cazanului	Regimuri de alimentare %		Sulf în păcură %	Exces de aer	Punct de rouă acid raportat la temp. ext. °C	SO_3 în gazele de ardere după economizor ppm	$SO_3/SO_2 + SO_3$ după economizor	Rația de aditiv %
	păcură	gaz						
400 ± 20	100		2,5—2,7	1,12—1,13	174—179	37—45	2,33—3,00	—
400 ± 20	67	33	2,4—2,5	1,08—1,15	170—174	33—40	3,30—3,84	—
400 ± 20	55	45	2,5	1,05	166	22	2,68	
400 ± 20	33	67	2,7	1,15	169	25	4,54	
300 ± 20	100		2,4	1,06	171	42	2,35	
300 ± 20	57	43	3,0	4,09	183	40	3,50	
400 ± 20	100		2,1—2,6	1,03—1,07	144—158	8—15	0,74—0,90	0,06
400 ± 20	75	25	2,6	1,05	151	12	0,91	0,06
400 ± 20	67	33	2,4	1,07	158	16	1,50	0,06
400 ± 20	33	67	3,0	1,03	148	9	1,31	0,09
300 ± 20	100		3,0	1,04	161	20	1,02	0,03
300 ± 20	38	62	3,0	1,05	156	12	1,69	0,06

diții ca și în cazul precedent, nivelul SO_3 în gazele de ardere s-a situat la valori cuprinse între 8 și 16 ppm pentru o rație de aditiv de 0,06—0,09%.

Comparînd gradul de conversie al SO_2 la SO_3 în cele trei situații ale regimului de alimentare, în cazul funcționării cu păcură aditivată și neaditivată, se constată o creștere a gradului de conversie în cazul regimului mixt (raportul $SO_3/SO_2 + SO_3$ fiind de 3,20—4,54) față de cazul alimentării integrale cu păcură (raportul SO_3/SO_2+SO_3 fiind 2,33—3,00). Gradul de conversie al SO_2 la SO_3 crește și în situația aditivării păcurii atunci cînd cazanele funcționează în regim mixt, raportul $SO_3/SO_2 + +SO_3$ fiind 1,31 — 1,50 față de 0,47—0,90 la funcționarea integrală pe păcură.

Prin introducerea aditivului valorile punctului de rouă acid scad cu 25°C în cazul alimentării integrale cu păcură și cu 18—20°C în cazul alimentării în regim mixt.

Rezultatele obținute în urma măsurătorilor efectuate pe cazanul nr. 6 tip TGM-84 B de la CET Brazi sînt în concordanță cu cele prezentate anterior.

Efectele economice potențiale ale folosirii aditivului sînt :

— reducerea numărului de opriri pentru spălarea preîncălzitoarelor de aer și a duratei acestora, ca urmare a încetinirii fenomenului de depunere a cenușii și a formării unor depuneri friabile ;

— reducerea numărului de reparații capitale ale preîncălzitoarelor de aer datorită diminuării intensității procesului de coroziune ;

— creșterea duratei de viață a supraîncălzitorului convectiv ca urmare a încetinirii procesului de coroziune de înaltă temperatură ;

— scăderea pierderilor la coș prin reducerea excesului de aer și coborîrea temperaturii la coș ca urmare a reducerii coroziunilor pe traseul gazelor de ardere.

Efectuarea unui calcul aproximativ al economiei nete anuale ce se obține prin utilizarea aditivului românesc de combustie la un cazan de 420 t/h, luînd în considerație efectele menționate anterior, indică cifra de 580 000 lei/an-cazan. Aceasta este destul de modestă comparativ cu evaluările economice prezentate în literatura de specialitate [7]. De asemenea, în calcul nu a fost luată în considerație diferența de preț pe piața mondială între costul păcurii nesulfuroase (81 $/t) și sulfuroase (74 $/t) ; ținîndu-se seama și de prețul aditivului (4 $/t păcură), rezultă o economie datorită scăderii costurilor combustibilului de 5 $/t păcură, ceea ce corespunde la 510 000 $/cazan/an. Pentru o evaluare cantitativă precisă a efectelor utilizării aditivului românesc de combustie la arderea păcurii cu un conținut ridicat de sulf și vanadiu, este necesară urmărirea funcționării unui număr mai mare de cazane pe o perioadă mai îndelungată (de ordinul a 8—10) ani în situația alimentării cu păcură sulfuroasă aditivată, comparativ cu funcționarea unui cazan alimentat cu păcură neaditivată.

Prin urmare, se consideră că există premisele generalizării procedeului de aditivare a păcurii sulfuroase și la alte tipuri de cazane din cadrul M.E.E. și M.I.Ch.

La cazanele de 420 t/h, stabilirea dozei optime se va face funcție de valorile punctului de rouă acid, în timp ce la alte tipuri de cazane, ca cele de 525, 660, 800 și 1000 t/h, stabilirea dozei optime se va face în urma măsurătorilor complexe executate pe fiecare tip de cazan, deoarece nu sînt cunoscute în mod exhaustiv toate implicațiile ce pot surveni în exploatarea curentă a instalațiilor de aditivare, a gospodăriilor de păcură aditivată și exploatarea diverselor tipuri de cazane pe păcură sulfuroasă aditivată pe un timp mai lung de funcționare.

De asemenea, trebuie urmărită comportarea aditivului la arderea păcurii cu conținut de sulf mai ridicat de 3% și de vanadiu mai mare de 40—80 ppm, precum și comportarea aditivului asupra fenomenului de poluare și influența sa asupra coroziunilor la coș.

Din punctul de vedere al instalațiilor de aditivare, acestea trebuie tipizate în funcție de specificul gospodăriei de păcură și funcționării injectoarelor, pe fiecare tip de cazan.

De asemenea, este necesară găsirea unei modalități de mecanizare a manipulării aditivului, precum și automatizarea instalațiilor de aditivare a păcurii sulfuroase.

Bibliografie

[1] Exley, L. M. *A practical review of residual oil firing problems and solutions.* În : Combustion, nr. 3, 1970, p. 18—23.

[2] Kirsch, H. *Topotaktische Phönomene bei Korrosion vorgangen.* În : VGB Kraftwerkstechnik 50, nr. 4, 1970.

[3] Drake, P. P. și Harnett, C. G. *Effects of gas-borne, carbon, excess oxygene and fuel sodium content on fuel-oil ash corrosion of superheaters.* În : Journ. of Institute of Fuel, 42, 1969, p. 339—343.

[4] Selcoje, K. C. *Burner fuel additives.* În : Journ. of the Institute of Fuel, nr. 37, ianuarie 1972, p. 21—26.

[5] May, W. R., Zetlmeisi, M. J. și Baharah, L. *High temperature corrosion in gas turbines and steam boilers by fuel impurities.* II. În : Ind. Eng. Chem. Prod. Develop., 12, nr. 2, 1973, p. 140—144.

[6] May, W. R., Zetlmeisi, M. J. și Baharah, L. *High temperature corrosion in gas turbines and steam boilers by fuel impurities.* III. În : Ind. Eng. Chem. Prod. Develop., 12, nr. 2, 1973, p. 145—149.

[7] Less, D. și Mustoe, D. N. *Effect of magnesium — based additives on high temperature corrosion in oil-fired boilers.* În : Journ. of the Institute of Fuel, iulie 1972, p. 397—406.

(Articol intrat în redacție în februarie 1979)

Unele aspecte specifice în analiza rezervării echipamentelor energetice cu ajutorul calculului statistico-probabilistic

Ing. M. Stein
și matem. St. Diaconu*)

Pentru sisteme energetice extinse, cît și pentru instalațiile energetice componente, rezervarea pasivă (cu echipamente în stocare) are o mare importanță deoarece contribuie la mărirea gradului de continuitate în funcționare și la simplificarea unor scheme tehnologice prin eliminarea unor elemente reprezentînd rezerve active.

De asemenea, rezervarea pasivă contribuie și la micșorarea cheltuielilor de investiții, prin faptul că rezervele pasive mobile pot influența favorabil siguranța mai multor instalații, spre deosebire de rezervele active, care acționează în acest sens numai în instalația în a cărei schemă sînt incluse.

În ISPE au fost elaborate încă începînd din anul 1973 studii de optimizare a rezervării pasive, care s-au finalizat cu elaborarea unor normative corespunzătoare.

Unele dintre considerațiile făcute în aceste studii au fost reactualizate și prezentarea lor face, în special, obiectul prezentei lucrări.

1. Să considerăm mai întîi un grup de elemente active care formează un dispozitiv tehnic oarecare, elementele fiind rezervate pasiv, astfel încît probabilitatea de a găsi un element de rezervă disponibil la necesitate să fie practic egală cu 1 ($P_{RR} = 1$). Să admitem că distribuția duratelor de reparații, cît și a duratelor de înlocuire este exponențială, avînd funcțiile de repartiție :

$$G(t) = 1 - e^{-\mu \cdot t} \tag{1}$$

și, respectiv :

$$I(t) = 1 - e^{-\nu \cdot t}$$

unde $\mu = \frac{1}{t_d}$; $\nu = \frac{1}{t_i}$ (ambele constante), iar t_d este timpul mediu de reparare și t_i — timpul mediu de înlocuire.

Probabilitatea ca elementele defecte rezervate să beneficieze de existența rezervei *(în condiția în care apelarea la rezervă se face numai dacă timpul de înlocuire este mai mic decît timpul de reparare)* este dată de relația :

$$P_{AR} = \int_0^\infty (1 - e^{-\nu \cdot t}) \cdot \mu \cdot e^{-\mu \cdot t} \cdot dt = \frac{\nu}{\nu + \mu} \tag{2}$$

*) Ing. Manfred Stein este inginer proiectant principal I la ISPE ; St. Diaconu este matematician principal în cadrul aceluiași institut.

Probabilitatea ca elementele defecte să nu beneficieze de existența rezervei va fi :

$$P_{NR} = 1 - P_{AR} = 1 - \frac{\nu}{\nu + \mu} = \frac{\mu}{\nu + \mu} \tag{3}$$

Dacă numărul mediu total de defecte care pot să apară într-un interval de timp dat $(0, T)$ este $n(T)$, atunci numărul mediu total de defecte în intervalul $(0, T)$ care urmează să fie eliminate prin rezervare este :

$$n_{AR}(T) = n(T) \cdot P_{AR} = n(T) \cdot \frac{\nu}{\nu + \mu}, \tag{4}$$

iar numărul mediu total al defectelor în intervalul $(0, T)$ care nu vor fi eliminate prin rezervare este :

$$n_{NR}(T) = n(T) - n_{AR}(T) = n(T) \cdot$$

$$\cdot P_{NR} = n(T) \cdot \frac{\mu}{\nu + \mu} \tag{5}$$

Durata totală medie a defectelor eliminate prin utilizarea rezervelor, dat fiind că durata medie a unui defect eliminat prin înlocuire este $t_i = 1/\nu$, va fi :

$$T_{AR} = n_{AR}(T) \cdot \frac{1}{\nu} = n(T) \cdot \frac{1}{\nu + \mu} \tag{6}$$

Durata totală medie a defectelor eliminate prin reparație, dat fiind că durata medie a unei reparații este : $t_d = 1/\mu$, va fi :

$$T_{NR} = n_{NR}(T) \cdot \frac{1}{\mu} = n(T) \cdot \frac{1}{\nu + \mu} \tag{7}$$

Din relațiile (6) și (7) rezultă că durata medie a unui defect (eliminat fie prin înlocuirea elementului, fie prin repararea lui) va fi :

$$t_{dR} = \frac{T_{AR} + T_{NR}}{n(T)} = \frac{2}{\mu + \nu} \tag{8}$$

Relația de mai sus arată că prin rezervarea pasivă cu un număr infinit de rezerve ($P_{RR} = 1$), în condițiile repartițiilor date de relațiile (1), se obține o reducere a duratei medii de defect egală cu :

$$K = \frac{t_{dR}}{t_d} \cdot 100(\%) = \frac{200}{\frac{\nu}{\mu} + 1} (\%) \tag{9}$$

2. În realitate, $P_{RR} < 1$, deoarece numărul de rezerve nu poate fi infinit. În această situa-

ție există și cazuri în care, la solicitarea unui element de rezervă, acesta să fie indisponibil, fie datorită unor defecte, fie că numărul de rezerve prevăzute a fost deja epuizat.

În acest caz, probabilitatea ca elementele defecte să beneficieze de existența rezervelor va fi :

$$P'_{AR} = P_{AR} \cdot P_{RR}, \qquad (10)$$

iar probabilitatea ca elementele defecte rezervate să nu beneficieze de existența rezervelor va fi :

$$P'_{NR} = P_{NR1} + P_{NR2} = 1 - P_{RR} \cdot P_{AR}, \qquad (11)$$

în care

P_{NR1} este probabilitatea ca elementele defecte să nu beneficieze de existența rezervelor datorită faptului că durata de reparare este mai mică decît durata de înlocuire :

$$P_{NR1} = 1 - P_{AR} = P_{NR} \qquad (11')$$

P_{NR2} — probabilitatea ca elementele defecte să nu beneficieze de existența rezervelor datorită indisponibilității rezervei, deși este solicitată (durata de reparare fiind mai mare decît durata de înlocuire) :

$$P_{NR2} = (1 - P_{RR}) \cdot P_{AR} \qquad (11'')$$

Numărul mediu total de defecte în intervalul $(0, T)$ care vor fi eliminate prin înlocuire va fi :

$$n'_{AR}(T) = n(T) \cdot P'_{AR} = n(T) \cdot P_{RR} \cdot \frac{\nu}{\nu + \mu}, \qquad (12)$$

iar numărul mediu total de defecte în intervalul $(0, T)$ care nu vor fi eliminate prin înlocuire :

$$n'_{NR}(T) = n(T) \cdot P'_{NR} = n(T) \cdot$$

$$\cdot \left(1 - \frac{\nu}{\nu + \mu} \cdot P_{RR}\right) = n(T) \cdot \frac{\nu \cdot (1 - P_{RR}) + \mu}{\nu + \mu} \qquad (13)$$

Durata totală medie a defectelor eliminate prin utilizarea rezervelor, avînd în vedere că durata medie a unei înlocuiri este $t_i = 1/\nu$, va fi :

$$T'_{AR} = n'_{AR}(T) \cdot \frac{1}{\nu} = \frac{n(T) \cdot P_{RR}}{\nu + \mu}, \qquad (14)$$

iar durata medie totală a defectelor eliminate prin reparație, dat fiind că durata medie a unei reparații este $t_d = 1/\mu$, va fi :

$$T'_{NR} = n'_{NR}(T) \cdot \frac{1}{\mu} = n(T) \cdot \frac{\nu \cdot (1 - P_{RR}) + \mu}{\mu \cdot (\nu + \mu)} \qquad (15)$$

Din relațiile (14) și (15) rezultă că durata medie a unui defect (eliminat fie prin înlocuire, fie prin reparare) va fi :

$$t'_{dR} = \frac{T'_{AR} + T'_{NR}}{n(T)} = \frac{\nu \cdot (1 - P_{RR}) + \mu \cdot (1 + P_{RR})}{\mu \cdot (\nu + \mu)} \qquad (16)$$

Din relațiile (8) și (16) rezultă că rezervarea va fi eficientă atît în cazul în care $P_{RR} = 1$, cît și în cazul $P_{RR} < 1$, adică timpul mediu al unui defect pentru un dispozitiv prevăzut cu rezerve pasive este mai mic decît timpul mediu al unui defect pentru același dispozitiv dar fără a fi prevăzut cu rezerve (cu alte cuvinte $t_{dR} < 1/\mu$ cînd $P_{RR} = 1$ și $t'_{dR} < 1/\mu$ pentru $P_{RR} < 1$), numai dacă este satisfăcută relația :

$$\nu > \mu \qquad (17)$$

Cele arătate anterior și relația (17) scot în evidență faptul că, din acest punct de vedere, eficiența rezervării nu este tributară probabilității de răspuns a rezervei (P_{RR}).

În paragrafele 1 și 2, considerațiile au fost făcute în ipoteza că distribuția duratelor de înlocuire este exponențială, adică :

$$I(T) = 1 - \exp(-\nu \cdot t) \text{ (fig. 1)}$$

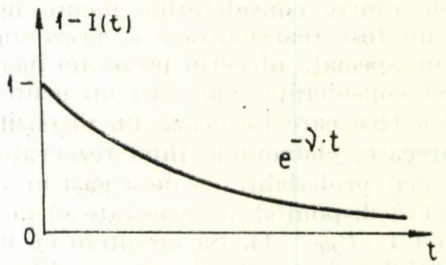


Fig. 1

3. Avînd în vedere faptul că ipoteza menționată anterior a fost numai o premisă simplificatoare, vom considera în continuare cazul general în care distribuția duratelor de înlocuire a elementului defectat cu un element de rezervă va fi cea din figura 2.

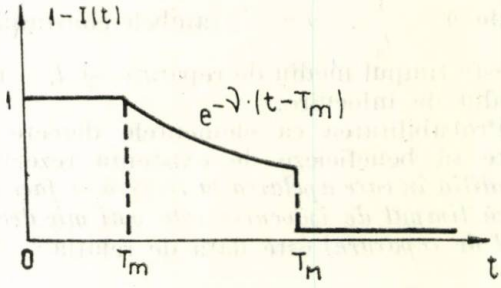


Fig. 2

Din această figură se vede că va exista totdeauna o valoare minimă T_m a timpului sub care rezerva nu poate fi instalată și un timp

maxim T_M de instalare a rezervei care nu poate fi depășit.

Pe intervalul (T_m, T_M) se poate accepta o distribuție exponențială a duratelor de înlocuire. Rezultă că se poate scrie :

$$1 - I(t) = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \leqslant t < T_m, \\ e^{-\nu \cdot (t - T_m)} & ; \quad t \in (T_m, T_M) \\ 0 & ; \quad t \geqslant T_M \end{cases} \tag{18}$$

Timpul mediu de înlocuire va fi în acest caz :

$$t_i = \int_0^\infty (1 - I(t)) \cdot dt = \int_0^{T_M} dt +$$

$$+ \int_{T_m}^{T_M} e^{-\nu \cdot (t - T_m)} \cdot dt + \int_{T_M}^\infty 0 \cdot dt,$$

de unde rezultă că :

$$t_i = T_m + e^{\nu \cdot T_m} \cdot \frac{1}{\nu} (e^{-\nu \cdot T_m} - e^{-\nu \cdot T_M}) \tag{19}$$

Se observă că în cazul în care $T_m = 0$ și $T_M \to \infty$, rezultă

$$t_i = 1/\nu,$$

deci cu cît intervalul (T_m, T_M) este mai mare, cu atît ne vom apropia mai mult de cazurile tratate în par. 1 și 2.

Procedeul de stabilire a condițiilor de eficiență a rezervării este același ca la punctele precedente. Astfel, probabilitatea ca elementele defecte rezervate să beneficieze de existența rezervei va fi :

$$P''_{AR} = \int_0^\infty I(t) \cdot \mu \cdot e^{-\mu \cdot t} \cdot dt = \int_0^{T_m} 0 \cdot dt +$$

$$+ \int_{T_m}^{T_M} (1 - e^{-\nu \cdot (t - T_m)}) \cdot \mu \cdot e^{-\mu \cdot t} \cdot dt + \int_{T_M}^\infty \mu \cdot e^{-\mu \cdot t} \cdot dt$$

Rezultă

$$P''_{AR} = e^{-\mu \cdot T_m} - \frac{\mu \cdot e^{\nu \cdot T_m}}{\mu + \nu} \cdot [e^{-(\nu + \mu) \cdot T_m} - e^{-(\nu + \mu) \cdot T_M}] \tag{20}$$

Pe baza unor raționamente similare celor din par. 1 și 2, rezultă că durata medie a unui defect (eliminat fie prin înlocuire — a cărei durată medie este t_i dat de relația (19) —, fie prin reparare — a cărei durată medie este $t_d = 1/\mu$) — va fi dată de relația :

$$t''_{dR} = P_{RR} \cdot P''_{AR} \cdot \left(t_i - \frac{1}{\mu}\right) + \frac{1}{\mu} \tag{21}$$

Din relația (21) rezultă că și în acest caz rezervarea este eficientă (adică $t''_{dR} < 1/\mu$) atunci cînd

$$t_i < 1/\mu \tag{22}$$

În cazul în care $T_m + T_M$ este suficient de mare, condiția (22) implică

$$T_m < 1/\mu - 1/\nu, \tag{23}$$

din care rezultă intercondiționarea între T_m, t_d și $1/\nu$.

4. În ceea ce privește probabilitatea de răspuns a rezervei — P_{RR}, aceasta se poate determina după cum urmează :

Să considerăm un dispozitiv format din N elemente identice, avînd funcții de repartiție exponențiale pentru timpii de funcționare și timpii de reparare, pentru care se prevede un număr de m rezerve pasive avînd aceleași caracteristici.

Fie λ — intensitatea de defectare și μ — intensitatea de reparare aferente elementelor componente și elementelor de rezervă pasivă.

În aceste condiții, probabilitatea ca rezerva să nu fie disponibilă în momentul în care este solicitată va fi :

$$1 - P_{RR} = \int_0^\infty (1 - e^{-N \cdot \lambda \cdot t}) \cdot m \cdot \mu \cdot e^{-m \cdot \mu \cdot t} \cdot dt =$$

$$= \frac{N \cdot \lambda}{N \cdot \lambda + m \cdot \mu},$$

de unde rezultă :

$$P_{RR} = \frac{m \cdot \mu}{N \cdot \lambda + m \cdot \mu} = \frac{1}{\frac{N \cdot \lambda}{m \cdot \mu} + 1}, \tag{24}$$

deci probabilitatea de răspuns a rezervei depinde în mod explicit de raportul $N \cdot \lambda / m \cdot \mu$ ($m \cdot \mu$ fiind intensitatea de reparare a m elemente de rezervă).

Concluzii

Față de etapa anterioară, în care pentru modelarea siguranței în cazul rezervării pasive s-a considerat o durată de înlocuire constantă, deterministă, a elementelor defecte cu rezerva pasivă, se preconizează în prezent luarea în considerație a unor distribuții cît mai adecvate pentru duratele de înlocuire.

Se consideră că distribuția prezentată în figura 2 și definită prin relația (18) modelează în mod satisfăcător comportarea reală a rezervelor la solicitare.

Din punct de vedere al duratelor medii de înlocuire, se consideră că rezervarea devine eficientă dacă aceste durate medii sînt mai reduse decît duratele medii de reparare.

Duratele medii de defect, în cazul utilizării rezervării pasive, pot fi considerate — pentru modelarea siguranței unor dispozitive — ca fiind inversul valorii intensității de reparație fictive μ_R.

Valorile acestei intensități vor fi determinate pe baza relațiilor $t_{dR} = 1/\mu_R$ sau $t'_{dR} = 1/\mu_R$ sau $t''_{dR} = 1/\mu_R$, unde t_{dR}, t'_{dR}, t''_{dR} sînt date de relațiile (8), (16) și, respectiv, (21).

Modul de calcul prezentat permite evaluarea rapidă a efectului rezervării pasive, deci calculul indicatorilor de siguranță ai unor scheme în condițiile rezervării pasive cu ajutorul acelorași metodologii și programe de calcul ca și în cazul schemelor nerezervate pasiv.

Calculul se face prin simpla înlocuire în relațiile uzuale a duratelor medii de reparații, respectiv a intensităților de reparații $\mu = 1/t_d$, cu duratele de defect t_{dR}, respectiv cu o intensitate de restabilire $\mu' = 1/t_{dR}$ (T_{dR}, conform celor de mai sus).

(Articol intrat în redacție la 23 februarie 1980)

Studiul fiabilității sistemelor energetice, în cazul suspendării unor elemente, prin metoda trunchierii bilaterale

Conf. dr. ing. **I. Popescu**
Matem. **D. Lixăndroiu**,
Ing. **A. Forje***)

Analiza fiabilității sistemelor energetice, ca sisteme complexe reparabile, se poate face luînd ca indicator de bază media timpului de bună funcționare (MTBF) între reparații. Determinarea cu exactitate a MTBF pentru sistemele energetice analizate ar necesita urmărirea funcționării acestora pe întreaga perioadă de timp T pînă la scoaterea din uz, pentru casare, sau în vederea efectuării unei reparații generale.

Estimarea MTBF, pentru un sistem sau elementele componente ale acestuia, este cerută în mod periodic, dictată de necesitatea determinării necesarului pieselor de schimb, de planificarea judicioasă a reviziilor și înlocuirii elementelor cu defectabilitate ridicată, în vederea creșterii fiabilității și disponibilității sistemelor analizate și de menținere la parametrii proiectați a capacităților de producție și de consum.

În acest context se impune ca estimarea MTBF, ca indicator principal de fiabilitate, să se facă în mod periodic, în condiții concrete de exploatare, și nu de laborator, și pe durate delimitate în timp. Aceasta reclamă utilizarea unei tehnici de testare a fiabilității printr-o metodică de trunchiere bilaterală, care conduce, în fapt, la aplicarea unui test incomplet, caracterizat atît de prezența unor elemente defecte, cît și suspendate.

Analiza matematică a testelor incomplete

Un test este considerat incomplet atunci cînd numărul defectelor înregistrate, R, este mai mic decît mărimea N, a lotului supus încercării.

În ipoteza unei testări incomplete a unui lot de mărime N cu R defecte, tratarea cazului ca un lot complet de mărime R este incorectă, deoarece cele S elemente cu urmărire suspendată ($S = N - R$) conțin informații care afectează rezultatele încercărilor [3].

Ordinul unui defect este poziția pe care acesta o ocupă în lotul inițial N. Dacă n este numărul defectului după care se fac suspendări, atunci ordinul este o mărime constantă egală cu numărul defectului pentru fiecare din primele n defecte și o variabilă pentru defectele care urmează după al n-lea defect.

Se pune problema determinării ordinului corespunzător pentru ultimele $R-n$ defecte.

Astfel, dacă se face o suspendare după al n-lea defect, defectul $(n+j)$ poate avea ordinul :

a) $n+j$ — dacă durata elementului suspendat depășește durata defectului $(n+j)$ și aceasta se realizează în $(N-n-j)$ situații ;

b) $n+j+1$ — dacă durata suspendării este inferioară defectului $(n+j)$, caz realizabil în j moduri.

În acest context, media ordinului pentru defectul $(n+j)$ se determină cu relația [3] :

$$mo_{n+j} = \frac{(N-n-j)(n+j) + j(n+j+1)}{N-n} \quad (1)$$

În cazul general, cu S suspendări după al n-lea defect, expresia pentru media ordinului defectului $(n+j)$ dată de [3] poate fi restrînsă în termenii analizei combinatorice sub următoarea formă

$$mo_{n+j} = \frac{\sum_{k=0}^{S} (n+j+k) \cdot C_S^k \cdot A_{j+k-1}^k \cdot A_{N-n-j-k}^{S-k}}{A_{N-n}^S} \quad (2)$$

*) Conf. dr. ing. I. Popescu și matem. D. Lixăndroiu sînt cadre didactice la Universitatea din Brașov ; ing. Alex. Forje este cercetător științific principal la ICEMENERG.

unde :

$$A_p^q = p(p-1)\dots(p-q+1)$$

$$C_p^q = \frac{A_p^q}{q!} \text{ și } A_p^0 = C_p^0 = 1$$

Deoarece utilizarea relației (2) necesită un volum mare de calcule, se poate aplica o metodă recursivă pentru a calcula media ordinului pentru elementele defecte. Metoda constă în determinarea indicelui de creștere (NI_j, $j = 1,\dots,R$) a ordinului elementelor defecte.

Definim pentru aceasta rangul unui element defect (r_j, $j = 1,\dots,R$) ca fiind poziția pe care o ocupă în lot după ordonarea crescătoare a celor N durate înregistrate ($R_{defecte} + S_{suspendări} = N$). Rezultă că

$$r_j \in \{1, 2,\dots,N\} \text{ pentru orice : } j = 1,\dots, R.$$

De aici

$$NI_j = \frac{(N+1) - mo_{j-1}}{(N+2) - r_j} \qquad (3)$$

și

$$mo_j = NI_j + mo_{j-1} \qquad (4)$$

$$\text{cu } mo_0 = 0$$

Se prezintă în continuare algoritmul de calcul al mediei ordinului elementelor defecte.

Pasul 0. Intrare : duratele elementelor lotului testat

$$R_{defecte} + S_{suspendări} = N$$

Inițializare : $j = 1$.

Pasul 1. Se ordonează crescător cele N durate și se determină rangul elementelor defecte r_j, $j = 1,\dots,R$.

Pasul 2. Se calculează :

$$NI_j = \frac{(N+1) - mo_{j-1}}{(N+2) - r_j}$$

și

$$mo_j = NI_j + mo_{j-1}$$

Pasul 3. $j \leftarrow j+1$. Dacă $j < R$, transfer la pasul 2.

Pasul 4. Ieșire : mo_j, $j = 1,\dots,R$. Stop.

Pentru a ilustra algoritmul propus, se prezintă un test de durabilitate asupra unui lot de 20 de elemente, structura rezultatelor fiind redată în graficul din figura 1.

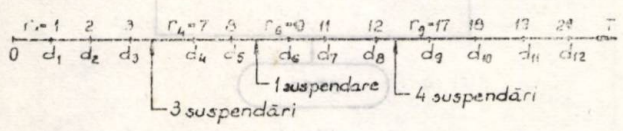


Fig. 1

$$NI_1 = \frac{(20+1)-0}{(20+2)-1} = 1 \Rightarrow mo_1 = 1+0 = 1$$

$$NI_4 = \frac{(20+1)-3}{(20+2)-7} = 1{,}2 \Rightarrow mo_4 = 1{,}2+3 = 4{,}2$$

analog : $mo_5 = 5{,}4$; $mo_6 = 6{,}7$; $mo_7 = 8$; $mo_8 = 9{,}3$.

$$NI_9 = \frac{(20+1)-9{,}3}{(20+2)-17} = 2{,}34 \Rightarrow mo_9 = 2{,}34 + 9{,}3 = 11{,}64$$

și $mo_{10} = 13{,}98$; $mo_{11} = 16{,}32$; $mo_{12} = 18{,}66$

Observație: pentru defecte sucesive, indicele de creștere (NI) al mediei ordinului rămîne constant.

Metoda trunchierii bilaterale

Reprezentînd, într-un sistem de axe rectangulare, prin cîte un punct momentele apariției căderilor la fiecare din cele K sisteme complexe reparabile (unde pe abscisă avem timpul, iar pe ordonată cele K sisteme), rezultă graficul din figura 2.

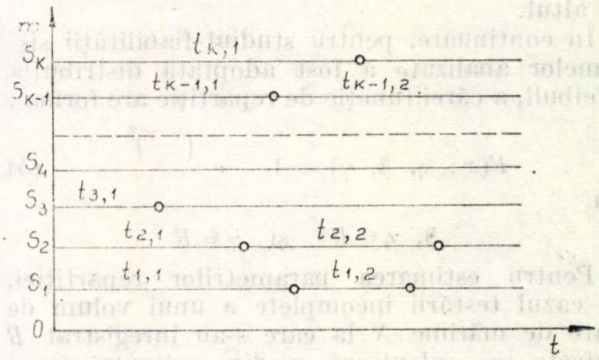


Fig. 2

Prin acest grafic se obține o reprezentare în planul timpului a ansamblului de elemente urmărit.

Vom considera că studiem modul de funcționare a k sisteme, fiecare sistem în parte defectîndu-se de n_i ori, unde se va nota cu t_{ij} ($i = 1, 2, \dots, k$, iar $j = 1, 2, \dots, n_i$) timpii de bună funcționare între reparații ai elementelor sau sistemelor cercetate.

Familia t_{ij} este finită și mărginită, deoarece după o perioadă de timp T toate sistemele supuse observării ies din funcțiune.

Trunchierea bilaterală ca metodă de estimare a MTBF, în cazul sistemelor complexe reparabile, constă în delimitarea în timp a perioadei de testare corespunzător timpilor T_1 și T_2, a cărei reprezentare grafică, în planul timpului, este redată în figura 3.

Din analiza ansamblului de evenimente urmărit, reprezentat în planul timpului, din figura 3 rezultă că familia timpilor $t_{1,2}$; $t_{2,2}$; $t_{3,2}$; $t_{3,3}$ și $t_{k,2}$ este constituită din durate de bună

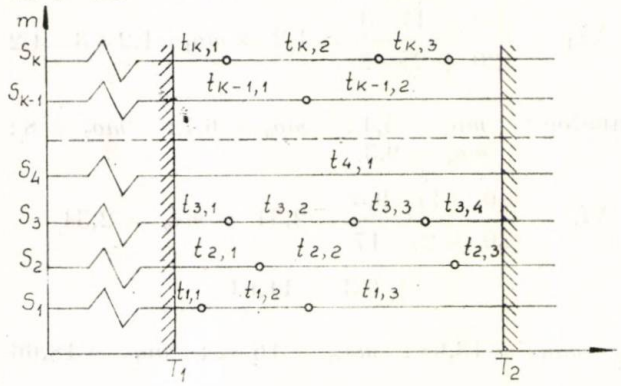


Fig. 3

funcționare între două reparații succesive, considerate în cele ce urmează ca elemente defecte. Familia timpilor $t_{1,1}$; $t_{2,1}$; $t_{2,3}$; $t_{3,1}$; $t_{3,4}$; $t_{4,1}$; $t_{k-1,1}$; $t_{k-1,2}$; $t_{k,1}$ și $t_{k,3}$ este constituită din durate ce caracterizează funcționarea sistemelor în cazul unor urmăriri suspendate, referite în continuare ca elemente suspendate. În acest caz spunem că avem de rezolvat un test incomplet asupra a k sisteme, test la care numărul defectărilor înregistrate este diferit de la un sistem la altul.

În continuare, pentru studiul fiabilității sistemelor analizate a fost adoptată distribuția Weibull, a cărei funcție de repartiție are forma :

$$F(x;\ \eta,\ \beta,\ \gamma) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \qquad (5)$$

cu

$$\beta,\ \eta \in R^{+} \quad \text{și} \quad \gamma \in R$$

Pentru estimarea parametrilor repartiției, în cazul testării incomplete a unui volum de date de mărime N la care s-au înregistrat R defecte, se calculează media ordinului (mo_j) pentru fiecare defect conform relațiilor (3)—(4), după care se determină media frecvențelor relative cumulate (MR), corespunzătoare, cu relația [5] :

$$MR_j = \frac{mo_j - 0{,}3}{N + 0{,}4} \qquad j = 1{,}2, \ldots, R \qquad (6)$$

Pentru datele numerice obținute pentru defectele înregistrate : durată și media frecvențelor relative cumulate, parametrii distribuției pot fi determinați cu metoda Weibull, analitic sau grafic, sau cu metoda celor mai mici pătrate.

Utilizarea simulării Monte-Carlo în determinarea erorilor rezultate la estimarea MTBF prin metoda trunchierii bilaterale

Verificarea metodei propuse de testare a fiabilității, în cazul suspendării unor elemente prin trunchiere bilaterală, se poate realiza utilizînd tehnica simulării Monte-Carlo.

Pentru a efectua o selecție aleatorie dintr-o populație statistică cu o anumită funcție de repartiție, sînt necesare o mulțime de numere aleatorii uniform repartizate și un procedeu de a transforma aceste numere într-o altă mulțime de numere aleatorii, a căror funcție de repartiție să fie tocmai cea dată.

Pentru generarea variabilei Weibull pot fi utilizate mai multe metode [10].

Algoritmul de generare a unei variabile Weibull biparametrice ($\gamma = 0$), folosind metoda funcției inverse, este [11] :

Pasul 0. Inițializare RND (generatorul de numere aleatorii uniform repartizate pe (0,1)). Intrare η și β (parametrii distribuției Weibull).

Pasul 1. Se generează un U cu RND.

Pasul 2. Se calculează $W = [-\eta^{\beta} \cdot \ln (1 - U)]^{\frac{1}{\beta}}$. Stop.

În cazul distribuției Weibull triparametrice, făcînd schimbarea de variabilă $x - \gamma = \bar{x}$ cu $x - \gamma > 0$, problema generării se reduce la generarea unei variabile Weibull biparametrice.

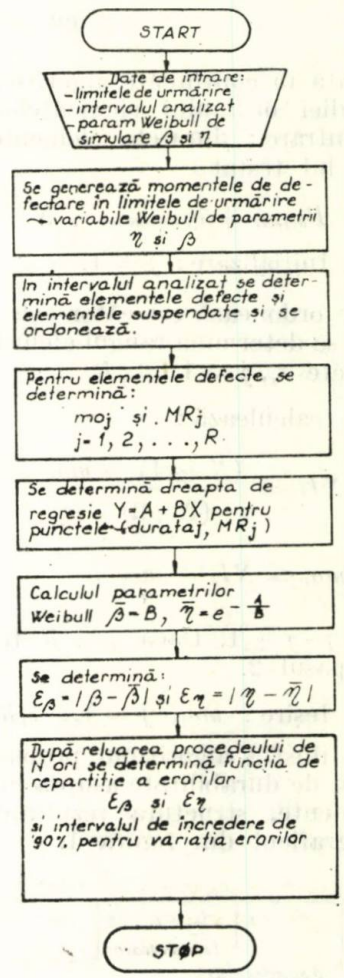


Fig. 4

În algoritmul anterior se modifică pasul 2 astfel :

Pasul 2'. Se calculează $W = [-\eta^{\beta} \cdot \ln \cdot (1-U)]^{\frac{1}{\beta}} + \gamma$. Stop.

O altă metodă de generare pentru variabila Weibull constă în folosirea variabilei exponențiale de parametru 1 [11]. Se poate arăta cu ușurință că dacă X este o variabilă EXP (1), atunci variabila Weibull, W, se generează cu formula :

$$W = \gamma + \left(\frac{X}{\lambda}\right)^{\frac{1}{\beta}}, \text{ unde } \lambda = \frac{1}{\eta^{\beta}} \quad (10)$$

În figura 4 se prezintă algoritmul pentru determinarea erorilor rezultate la estimarea parametrului de formă β și a parametrului de scală η.

Concluzii

1. Din analiza rezultatelor obținute au rezultat următoarele valori-limită ale erorilor de estimare a parametrilor pentru un interval de încredere de 90% :

$$\varepsilon_{\beta} \in [0{,}02,\ 1{,}66]$$
$$\varepsilon_{\eta} \in [314,\ 6017]$$

pentru parametrii de simulare $\beta = 3$ și $\eta = 20\,000$, lungimea intervalului de urmărire fiind de 25 000.

2. Coeficientul de corelație al regresiei liniare utilizate în estimarea parametrilor prin metoda prezentată a avut valori mai mari de 0,95, ceea ce verifică ipoteza conform căreia datele analizate urmează o distribuție Weibull.

3. Din cercetările efectuate a rezultat că lungimea intervalului de urmărire crește odată cu creșterea parametrilor β și η, dar mărimea intervalului nu se stabilește a priori, urmînd ca întreruperea testării să se facă după înregistrarea a minimum 3—5 elemente defecte.

Bibliografie

[1] Gibra, I. N. *Probability and Statistical Inference for Scientists and Engineering*, Prentice-Hall, 1973.

[2] Hahn, G.J. și Shapiro, S. S. *Statistical Models in Engineering*. John Wiley & Sons, 1968.

[3] Johnson, G.L. *The statistical treatment of fatigue experiments*. America Elsevier Publishing Co., New York, 1964.

[4] Johnson, G.L. *Theory and Technique of Variation Research*. Elsevier Publishing, New York, 1964.

[5] Kececioglu, D.B. *Lecture notes for the second „Reliability Testing Institute"*, The University of Arizona, Tucson, Arizona, aprilie 1976.

[6] Mann, N.R., Schafer, R.E. și Singpurwalla, D.N. *Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data*. John Wiley & Sons, 1974.

[7] Popescu, I., Lixăndroiu, D. ș.a. *Testarea secvențială a fiabilității produselor reparabile prin intermediul prețului de cost al pieselor de schimb în cazul distribuției Weibull*. Sesiunea de comunicări CCSITT, Brașov, 1979.

[8] Popescu, I. și Lixăndroiu, D. *Asupra unor metode de testare a fiabilității folosind tehnica simulării*. Sesiunea de comunicări științifice I.C.I., București, 1979.

[9] Popescu, I. *Bearing Life and Reliability*. Engineering Experiments Station. College of Eingineering, University of Arizona, Tucson, Arizona, 1976.

[10] Văduva, I. *Ravage — A subroutine Library for Computer Generation of Random Numbers, Random Variables, Random Vectors and Stochastic Processes*. GMD Mitteilungen Nr. 39, Bonn.

[11] Văduva, I. *Modele de simulare cu calculatorul*. Editura tehnică, București, 1977.

(Articol intrat în redacție în iulie 1979)

Studiul fiabilității uleiurilor electroizolante

Prof. dr. **H. Bednar**, conf. dr. **V. Bednar**, chim. **I. Sabău**, ing. chim. **M. Butnaru**, șef lucr. **E. Pascu**, șef lucr. dr. **E. Voina**, chim. **B. Bednar** și chim. **A. Bednar***)

Considerații teoretice

Uleiurile electroizolante utilizate în tehnică la umplerea transformatoarelor de mare putere și înaltă tensiune servesc, pe de o parte, drept mediu de răcire pentru evacuarea căldurii produse, iar pe de altă parte, ca mediu dielectric, mărind rigiditatea dielectrică.

Pentru a putea fi utilizate în acest scop, uleiurile electroizolante trebuie să satisfacă o serie de condiții, stipulate în STAS 811—72 [1], care nu face însă nici un fel de precizări asupra compoziției chimice a acestor uleiuri și nici asupra modului lor de rafinare (prin tratare cu H_2SO_4 conc. sau prin solventare).

Din literatura de specialitate [2] se știe că aceste uleiuri trebuie să prezinte :

a) Rezistență (stabilitate) ridicată față de oxidare, pentru evitarea apariției produselor de alterare (peroxizi, acizi organici, cetone, aldehide etc.), care pot ataca materialele de izolație din interiorul transformatoarelor și pot cauza totodată corodarea chimică și electrochimică a părților metalice, precum și creșterea viscozității uleiului și formarea de apă.

b) Rezistență față de diverse radiații, atît optice cît și corpusculare (electroni accelerați), pentru evitarea ruperii legăturilor de valență, cînd pot apărea gaze și purtători de sarcini electrice.

Tendința de formare de gaze depinde de existența unor radicali liberi, respectiv a unor

*) Prof. dr. Horst Bednar, conf. dr. Victoria Bednar, șef lucr. E. Pascu, șef lucr. dr. E. Voina, chim. Brunno Bednar și chim. Adriana Bednar sînt cadre didactice la Universitatea din Brașov ; chim. Ion Sabău lucrează la IRE Sibiu, iar ing. chim. M. Butnaru la IRE Brașov.

hidrocarburi instabile, care pot servi ca promotori în formarea de radicali liberi. În funcție de proveniența și modul de rafinare a uleiului, radicalii liberi se formează mai ușor sau mai greu. Astfel, cel mai ușor se formează radicalii liberi în hidrocarburile aromatice cu catene laterale [3] și cel mai greu în cele naftenice.

Radicalii liberi rezultă prin ruperea homolitică a unor legături covalente. Aceste ruperi pot fi cauzate de un aport de energie termică (de exemplu începînd cu 400°C se produc reacțiile de cracare termică) în cazul unor supraîncălziri locale sau, mult mai probabil, prin absorbție de energie radiantă, conform schemei :

$$R : R' + h\nu \rightarrow R^{\cdot} + R'^{\cdot}$$

Pornind de la faptul că uleiul dizolvă 10% aer în procente de volum și molecula de O_2 are de fapt caracter de biradical, datorită electronilor din cei doi orbitali de antilegătură, devine explicabilă formarea hidroperoxizilor și a peroxizilor în etapa inițială a procesului de oxidare :

$$R^{\cdot} + O_2 \rightarrow ROO^{\cdot}$$

$$R - H + ROO^{\cdot} \rightarrow ROOH + R^{\cdot}$$

Deoarece energia legăturilor peroxidice este mică, ele prezintă o nouă sursă de radicali liberi, ceea ce favorizează mult procesele de autooxidare :

$$ROOH + h\nu \rightarrow RO^{\cdot} + OH^{\cdot}$$

$$R - H + RO^{\cdot} \rightarrow ROH + R^{\cdot}$$

$$R - H + OH^{\cdot} \rightarrow H_2O + R^{\cdot}$$

Acumularea în ulei a produselor de alterare, care conțin heteroatomi de oxigen legați peroxidic și ulterior carbonilic, determină deplasarea benzilor de absorbție a luminii spre lungimi de undă mai mari (U.V. apropiat și vizibil) fără ca celelalte proprietăți fizice și chimice (aciditate organică, tangenta unghiului de pierderi dielectrice și viscozitatea) să se modifice simțitor.

Purtătorii de sarcină care afectează proprietățile dielectrice ale uleiului iau naștere tot din radicali liberi, însă prin reacții de oxidoreducere, datorită efectului catalitic al metalelor tranziționale utilizate în construcția transformatoarelor :

$$R^{\cdot} + Me^{+} \rightarrow R^{-} + Me^{2+}$$

$$ROOH + Me^{+} \rightarrow RO^{\cdot} + OH^{-} + Me^{2+}$$

Apariția purtătorilor de sarcină prin aceste reacții cu transfer de electroni explică creșterea pierderilor dielectrice și fără prezența produșilor de oxidare ai uleiului.

Din cele expuse rezultă că radicalii liberi prezenți inițial în ulei, respectiv formați din produse nestabile, pot urma două căi diferite de reacție :

— cu O_2 pot da produse de oxidare și

— cu e^{-} pot conduce la purtătorii de sarcină

Radicalii liberi pot fi puși în evidență fie prin metode fizice (cum ar fi R.E.S.), fie prin metode chimice, prin reacția cu un monomer capabil să se polimerizeze sau prin reacția cu un radical liber stabil și totodată colorat.

Pentru a se verifica prezența radicalilor liberi în uleiul electroizolant s-a recurs la DPPH (1,1 difenil-2-picrilhidrazil) colorat în soluție benzenică în violet intens și care, în momentul cuplării cu un radical liber, suferă o schimbare de culoare în galben deschis, fapt care permite urmărirea cantitativă a procesului prin metoda spectrofotometrică [4].

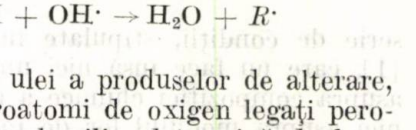
Partea experimentală

Determinările experimentale s-au efectuat pe mai multe direcții :

a) determinarea radicalilor liberi, pe cale spectrofotometrică prin reacția cu radicalul liber stabil DPPH ;

b) determinarea compoziției uleiurilor pe baza unor determinări fizico-chimice (densitate, indice de refracție și spectru de absorbție în U.V.) ;

c) urmărirea variației proprietăților fizice și fizico-chimice ale uleiurilor la oxidarea forțată (aciditate organică, tangenta unghiului de pierderi dielectrice, absorbție în U.V.) ;

d) punerea la punct a unei metode spectrofotometrice în vizibil pentru determinarea uzurii uleiului aditivat cu fenil β-naftilamină ( , $M = 219{,}288$), cînd caracteristicile fizico-chimice și electrice nu mai corespund valorilor prevăzute în PE 116/78 [5] ;

e) s-a încercat aprecierea calității uleiului electroizolant definit conform STAS 811/72, printr-o metodă spectrofotometrică în vizibil, folosind spectrocolorimetrul Spekol.

a) Extincția unui amestec de ulei și DPPH în soluție benzenică de diluție cunoscută scade cu timpul, în funcție de concentrația radicalilor liberi existenți în uleiul de analizat.

Se prepară prin cîntărire o soluție 0,01% DPPH în benzen, din care se iau 2 ml și se amestecă cu 3 ml soluție benzenică de ulei (3 ml ulei completat cu benzen la 10 ml) și se pun în cuva spectrofotometrului.

Determinările se pot efectua atît ciclic, după 15 minute, folosindu-se programul înregistrărilor ciclice automate cu care este echipat spectrofotometrul Specord UV-vis, cît și la lungime de

undă fixă ($\lambda = 530$ nm, corespunzător maximului de extincţie).

Curbele reprezentate în figurile 1 şi 2 se referă la uleiul românesc pentru export (*1*) şi la cel din producţia curentă (*2*). Ele arată că în timp ce uleiul românesc pentru export prezintă puţini

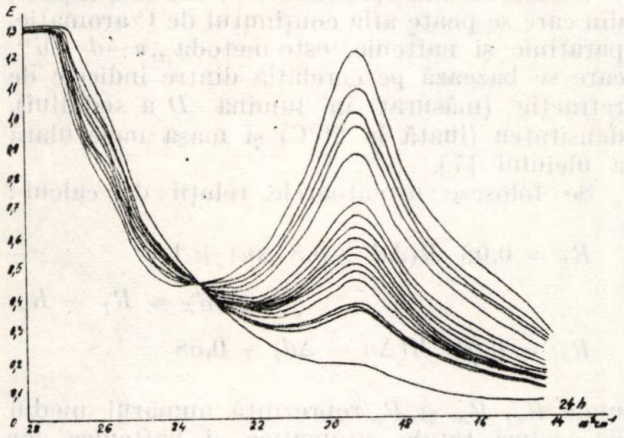


Fig. 1

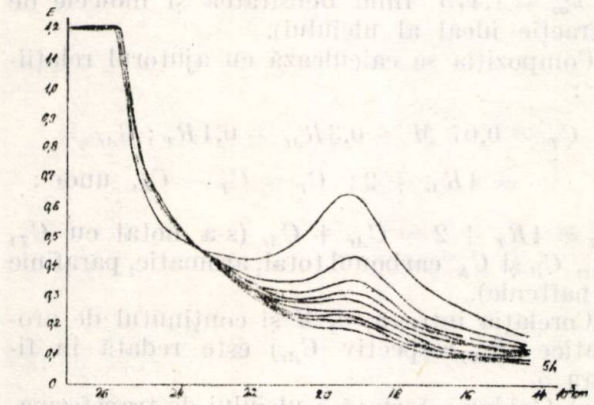


Fig. 2

radicali liberi (reacţia se termină după 24 h), cel din producţia curentă consumă rapid DPPH-ul, reacţia fiind terminată după 5 ore (datorită concentraţiei mari de radicali).

Dacă se urmăreşte în acelaşi mod uleiul Shell (fig. 3), se poate vedea că el ocupă o poziţie intermediară între cele două.

Urmărind variaţia extincţiei în timp, la lungime de undă fixă, pentru cele 3 probe de ulei, se poate vedea din figura 4 că extincţia variază lent la uleiul românesc pentru export (curba 1) şi mult mai rapid la cel din producţia curentă (curba *2*), în timp ce la uleiul Shell (curba *3*) comportarea este intermediară.

De altfel, nu este necesar să se aştepte cîteva ore pînă ce reacţia se termină; se pot trage concluzii asupra conţinutului de radicali liberi şi numai după 20′, timpul necesar parcurgerii unei lungimi a hîrtiei înregistratoare la viteză mică. Dacă în acest interval de timp extincţia rămîne mai mare decît $E_0/2$ (E_0 fiind extincţia iniţială după amestecare), uleiul conţine puţini radicali liberi; dacă extincţia scade sub $E_0/3$, uleiul conţine mulţi radicali liberi, fiind de o calitate inferioară.

Modul de lucru la $\lambda = ct.$ se poate executa şi cu un spectrofotometru Spekol şi un cronometru, făcîndu-se citirea extincţiei în fiecare

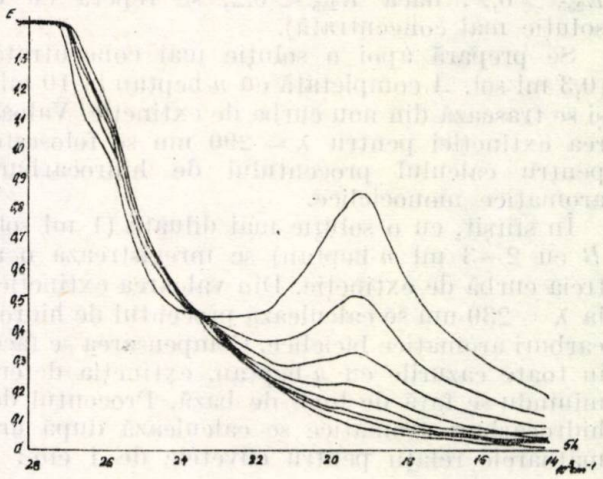


Fig. 3

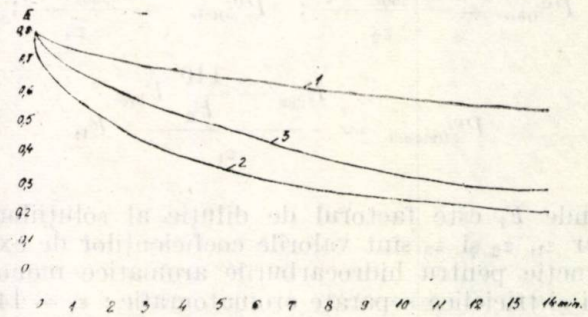


Fig. 4

minut şi apoi reprezentarea grafică : $E = f(t)$.

b) Determinarea compoziţiei uleiurilor electroizolante.

După cum s-a arătat, conţinutul în hidrocarburi aromatice este o caracteristică importantă pentru stabilitatea la oxidare a uleiurilor de transformator. Metodele cele mai des utilizate pentru determinarea conţinutului în hidrocarburi aromatice sînt cele cromatografice. O metodă spectrofotometrică mai rapidă a fost indicată pentru determinarea conţinutului de aromatice mono, bi şi trinucleare [6]. Metoda se bazează pe determinarea extincţiilor unor soluţii de ulei în *n*-heptan la diferite lungimi de undă şi folosirea pentru calculul concentraţiilor a coeficienţilor de extincţie determinaţi pe fracţiuni pure separate cromatografic din uleiul de transformator (pentru benzen, naftalină şi antracen).

Din proba de ulei recoltată se cîntăreşte cu precizie o cantitate de 0,1 g ulei şi se adaugă cu pipeta 10 ml *n*-heptan (soluţia *A* 1%).

Din soluția A se pipetează într-un flacon 0,1 ml și se adaugă cu precizie 0,9 ml n-heptan, cînd rezultă soluția B 0,01%.

Se trasează curba $E = f(\lambda)$ pentru soluția B în intervalul 200 — 400 nm. Din extincția la $\lambda = 255$ nm se calculează procentul de hidrocarburi aromatice triciclice (cu condiția ca $E_{255} > 0{,}2$; dacă $E_{255} < 0{,}2$, se repetă cu o soluție mai concentrată).

Se prepară apoi o soluție mai concentrată (0,3 ml sol. A completată cu n-heptan la 10 ml) și se trasează din nou curba de extincție. Valoarea extincției pentru $\lambda = 290$ nm se folosește pentru calculul procentului de hidrocarburi aromatice monociclice.

În sfîrșit, cu o soluție mai diluată (1 ml sol. B cu 2—3 ml n-heptan) se înregistrează o a treia curbă de extincție. Din valoarea extincției la $\lambda = 230$ nm se calculează procentul de hidrocarburi aromatice biciclice. Compensarea se face în toate cazurile cu n-heptan, extincția determinîndu-se față de linia de bază. Procentul de hidrocarburi aromatice se calculează după următoarele relații pentru cuvetele de 1 cm:

$$P\%_{obic.} = \frac{E_{(230)} \cdot F_2}{\varepsilon_2}; \quad P\%_{otric.} = \frac{E_{(255)} \cdot F_3}{\varepsilon_3};$$

$$P\%_{omonoc.} = \frac{E_{280} - \frac{140}{F_2} P_{bic.}}{\varepsilon_1} F_1,$$

unde F_i este factorul de diluție al soluțiilor, iar ε_1, ε_2 și ε_3 sînt valorile coeficienților de extincție pentru hidrocarburile aromatice mono, bi și triciclice separate cromatografic: $\varepsilon_1 = 14$, $\varepsilon_2 = 2{,}6 \cdot 10^3$ și $\varepsilon_3 = 10^3$. Pentru hidrocarburile aromatice monociclice trebuie să se țină seama că la 280 nm absorb și cele biciclice și absorbția acestora este mai intensă.

Aplicarea acestei metode s-a făcut pe două probe de ulei: ulei din producția curentă și ulei pentru export.

Pentru uleiul din producția curentă datele sînt următoarele:

$$P_{bic.} = \frac{0{,}46 \cdot 3 \cdot 10^4}{2{,}6 \cdot 10^3} = 5{,}31\%; \quad P_{tric.} = \frac{0{,}14 \cdot 10^4}{10^3} = 1{,}4\%,$$

$$P_{monoc} = \frac{0{,}04 - \frac{5{,}3}{3 \cdot 10^4} \cdot 140}{14} \cdot 4 \cdot 10^3 = 4{,}35\%;$$

$$P_{tot} = 4{,}35 + 5{,}31 + 1{,}4 = 11{,}06\%$$

La uleiul pentru export, s-a obținut:

$$P_{bic.} = \frac{0{,}18 \cdot 4 \cdot 10^4}{2{,}6 \cdot 10^3} = 2{,}9\%; \quad P_{tric.} = \frac{0{,}09 \cdot 10^4}{10^3} = 0{,}9\%$$

$$P_{monoc.} = \frac{0{,}015 - \frac{2{,}9}{4 \cdot 10^4} \cdot 140}{14} \cdot 6 \cdot 10^3 = 2{,}1\%;$$

$$P_{tot} = 2{,}1 + 2{,}9 + 0{,}9 = 5{,}9\%$$

O metodă mai aproximativă, dar mai rapidă, din care se poate afla conținutul de C aromatic, parafinic și naftenic, este metoda „$n-d-M$", care se bazează pe corelația dintre indicele de refracție (măsurat în lumina D a sodiului), densitatea (luată la 20°C) și masa moleculară a uleiului [7].

Se folosesc următoarele relații de calcul:

$$R_T = 0{,}08\ M(\Delta d - 0{,}5\ \Delta n) + 1{,}1$$

$$R_N = R_T - R_{Ar}$$

$$R_{Ar} = 0{,}04\ M(\Delta n - \Delta d) + 0{,}58$$

unde R_T, R_{Ar} și R_N reprezintă numărul mediu de cicluri totale, aromatice și naftenice, iar $\Delta d = d_4^{20} - d_\infty^{20}$ și $\Delta n = n_D^{20} - n_\infty^{20}$ ($d_\infty^{20} = 0{,}851$ și $n_\infty^{20} = 1{,}475$ fiind densitatea și indicele de refracție ideal al uleiului).

Compoziția se calculează cu ajutorul relațiilor:

$$C_T = 0{,}07\ M + 0{,}3 R_{Ar} + 0{,}1 R_T;\ C_{Ar} = 4 R_{Ar} + 2;\ C_P = C_T - C_R,$$ unde:

$C_R = 4R_T + 2 = C_{Ar} + C_{Ar}$ (s-a notat cu C_T, C_{Ar}, C_P și C_N carbonul total, aromatic, parafinic și naftenic).

Corelația între n, d, M și conținutul de aromatice (R_{Ar}, respectiv C_{Ar}) este redată în figura 5.

c) Oxidarea forțată a uleiului de transformator s-a realizat cu ajutorul instalației semiautomate din figura 6, concepută și omologată la IRE Sibiu [8] și care se compune din: o carcasă metalică (*1*), o sursă de radiații I.R. pentru încălzire (*2*), o casetă de protecție (*3*), un vas pentru baia de ulei (*4*), un vas în care se pune proba de ulei (*5*), termometru de contact (*6*) și o lampă cu mercur ca sursă de U.V. (*7*).

Din încercările făcute a rezultat că o durată de iradiere de 4 ore cu raze U.V. la temperatura de 100°C este echivalentă cu oxidarea în curent de O_2 gazos timp de 164 ore (STAS 6798-63) [9].

În tabelul 1 este dată variația acidității organice și a tangentei de δ la un ulei de trans-

Tabelul 1

Nr. crt.	Produsul	20°C	tg δ 70°C	90°C	Aciditate organică
1	Ulei TR 30 neoxidat	0,033	0,286	0,628	0,049
2	Ulei oxidat o oră	0,194	0,743	1,505	0,062
3	Ulei oxidat 4 ore	0,291	0,958	2,423	0,067

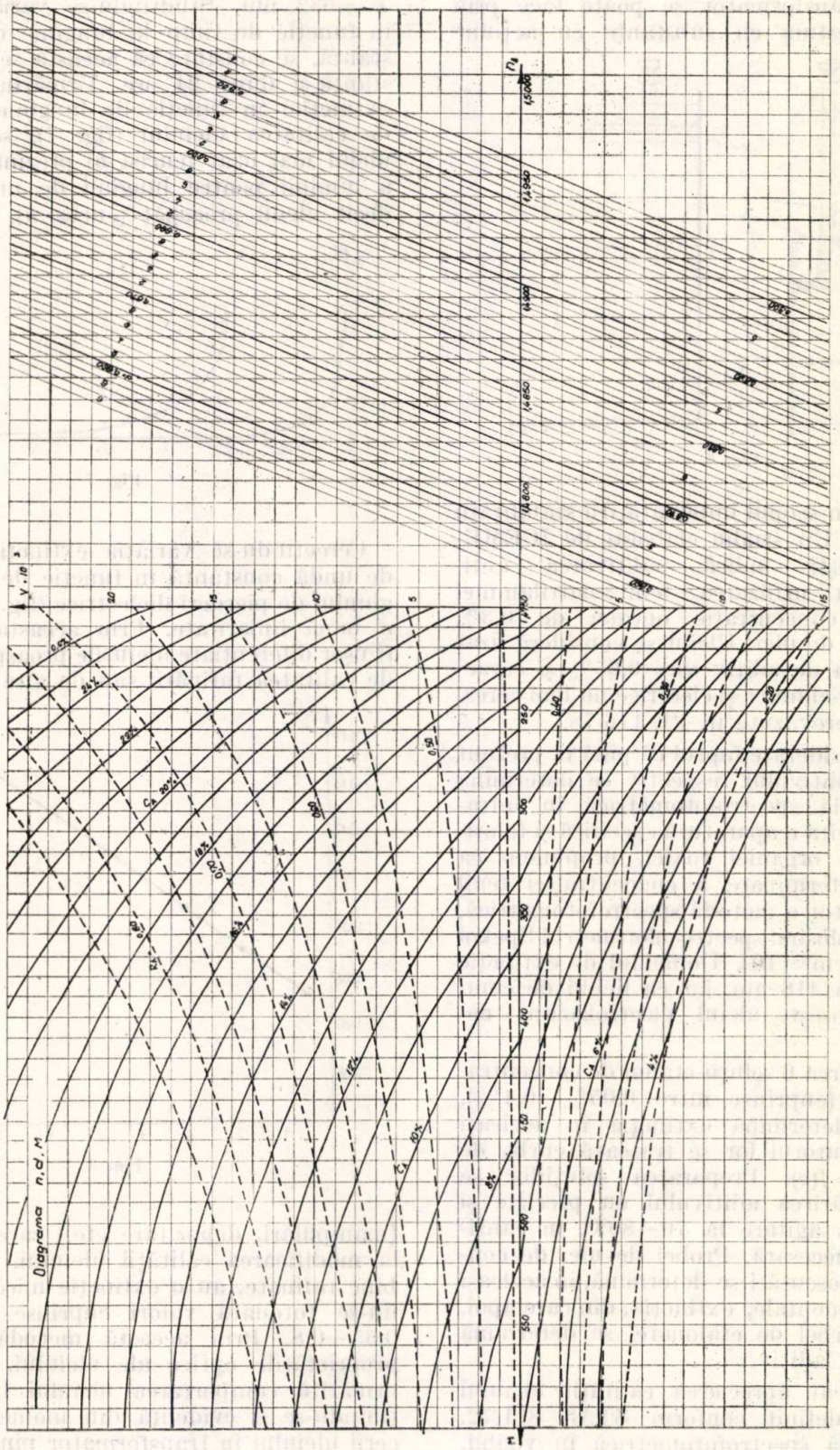


Fig. 5

formator TR-30, oxidat timp de o oră și de 4 ore, în comparație cu cel neoxidat.

d) Se știe că mărirea duratei de exploatare a uleiului de transformator se poate face prin aditivarea acestuia cu substanțe cu acțiune

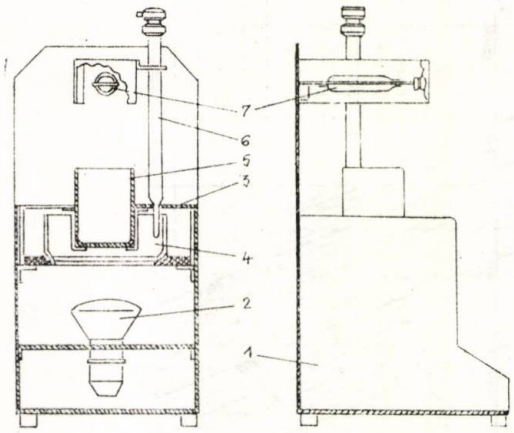


Fig. 6

antioxidantă, în scopul îmbunătățirii stabilității lui la oxidare Un studiu elaborat de ICEMENERG-București indică aditivarea antioxidantă prin utilizarea fenil β-naftilaminei ($C_{16}H_{13}N$) în concentrație optimă de 0,3% (greutate) față de ulei. Uleiul se consideră uzat cînd cantitatea de aditiv este 0,05% și caracteristicile fizico-chimice și electrice nu mai corespund cu cele prevăzute în PE-116/78.

Avînd în considerare faptul că pînă în prezent concentrația aditivului respectiv se determina printr-o metodă spectrofotometrică în infraroșu, care necesita o aparatură specifică și folosirea solvenților organici toxici, propunem ca metodă de determinare a concentrației fenil β-naftilaminei tot o metodă spectrofotometrică, dar în vizibil, folosind spectrocolorimetrul Spekol și cuva de 30 cm^3 [10]. Domeniul de extincție maximă este la 418 nm, iar ca lichid de compensare se folosește uleiul electroizolant neaditivat.

Se folosesc circa 6 soluții-etalon de concentrație cunoscută (cuprinse între 0,05%—0,4%), cărora li se determină extincția în aceleași condiții; cu ajutorul lor se trasează curba de etalonare $E = f(c)$. Prepararea soluțiilor se face prin cîntărirea aditivului cu precizie și dizolvarea prin agitare la 70—80°C, în cantitatea de ulei necesară. Probei de ulei de concentrație necunoscută i se determină, în aceleași condiții experimentale, extincția, din care apoi, cu ajutorul curbei de etalonare, se determină concentrația în aditiv.

e) S-a încercat aprecierea calității uleiului electroizolant definit conform STAS 811/72, printr-o metodă spectrofotometrică în vizibil, care folosește ca aparatură un spectrocolorimetru tip Spekol. Modul de lucru este extrem de simplu : se montează aparatul folosind adaptorul „Ti" pentru cuva de 30 ml. Se pipetează 20 ml probă de ulei, care se introduce în cuvă și se citește extincția la lungime de undă fixă, $\lambda = 532$ nm. Studiindu-se variația extincției în funcție de timp la lungime de undă constantă, se constată că aceasta se menține constantă și după 24 ore. Urmărindu-se variația extincției în funcție de lungimea de undă și de calitatea uleiului (fig. 7), se constată că uleiul mai uzat (curba *b*) prezintă o absorbție a luminii pentru lungimi de undă mai mari decît uleiul proaspăt (curba *a*).

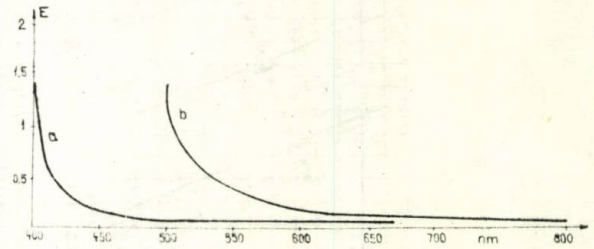


Fig. 7

Cercetîndu-se variația extincției la lungime de undă constantă în funcție de tangenta unghiului de pierderi dielectrice (fig. 8), se observă o bună liniaritate. Prin această metodă pot fi ușor diferențiate uleiurile proaspete, în funcție de calitatea rafinării sau de alte diverse cauze

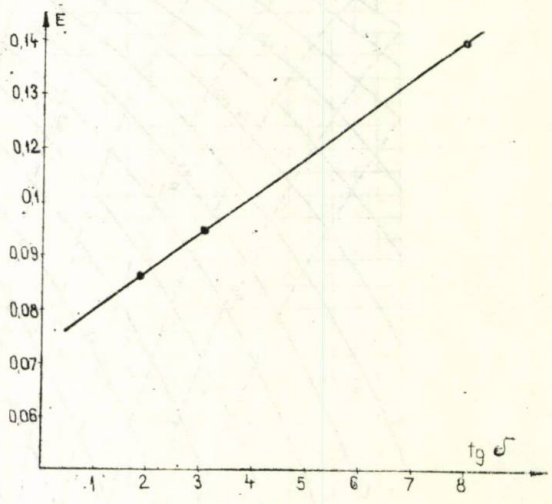


Fig. 8

(manipulări, depozitare etc.) care pot conduce la modificarea calității uleiului. Uleiurile noi, bine rafinate, au o extincție mică, determinîndu-se totodată valori cuprinse în intervalul 0,55—0,8. Prin această metodă, bazată pe proprietățile optice ale uleiului, poate să fie urmărită comportarea uleiului în exploatare, ținîndu-se o evidență din momentul introducerii uleiului în transformator pînă la schimbarea acestuia. Se constată o creștere a extincției uleiului la lungime de undă fixă, odată cu îmbătrînirea acestuia. Studiindu-se uleiul trafo

nr. 87375 din stația IABv, cu parametrii: tensiunea 110/6 kV, puterea 40 MVA (într-o perioadă cu degajări de gaze), s-a constatat că extincția crește cu timpul la uleiul din transformator, probele fiind luate din 30 în 30 de zile. Dacă însă probele respective au fost ulterior păstrate în condiții de laborator și spectrofotometrate periodic, s-a constatat că extincția scade din nou.

Exegeză și discuții referitor la rezultatele obținute

Lucrarea de față se constituie ca o demonstrație implicită pe cale experimentală a unei teze noi privind interacția cîmp de energie — masă.

Conform [11] și [12], se are în vedere o nouă ipostază de interpretare a proprietăților uleiului electroizolant utilizat în transformatoarele electrice, și anume se consideră masa substanței uleiului ca masă variabilă de cuplaj pentru cîmpurile electromagnetice care se interacționează în contextul dat al instalațiilor de transformatoare. Se remarcă faptul că pînă în prezent, conform standardelor în vigoare pe plan intern și internațional, uleiurile electroizolante de transformatoare erau și sînt supuse la două categorii de probe, și anume „chimice" și „electrice". Trebuie remarcat de la bun început că toate modalitățile de încercări prevăzute de cele două categorii de probe enunțate nu reproduc integral condițiile de solicitare la care uleiul electroizolant este supus în transformatoare și deci determinarea cu caracter de standard a condițiilor de utilizare poate lăsa să scape uleiuri inadecvate situațiilor de fapt din instalații.

Așa cum s-a arătat, studiindu-se uleiul TRAFO nr. 87375 din stația IA Bv. cu parametrii: tensiunea 110/6 kV, puterea 40 MVA, s-a constatat că în timpul funcționării extincția crește la uleiul din transformator, probele fiind luate din 30 în 30 de zile. Se poate considera că masa substanței uleiului, variindu-și proprietățile, variază ea însăși ca mărime de cuplaj la interacția cu cîmpurile electromagnetice din transformator. S-a mai arătat că dacă, însă, probele au fost ulterior păstrate în condiții de laborator și spectrofotometrate periodic, extincția scade din nou, ceea ce poate duce la concluzia că, în momentul în care solicitarea provocată de cîmpurile electromagnetice din transformator încetează, proprietățile masei uleiului manifestă un „histerezis" de revenire aproximativă la proprietățile inițiale. Această manifestare de „elasticitate" trebuie arătat că este semnalată pentru prima dată și nu a mai fost consemnată pînă în prezent în literatura de specialitate.

Caracterul inedit pe care l-am semnalat prin scăderea extincției în momentul în care masa substanței uleiului este scoasă din condiția de interacție cu cîmpurile electromagnetice pledează prin ea însăși, prin ineditul pe care-l prezintă pentru reconsiderarea categoriilor de încercări de verificare a calităților unui ulei electroizolant. Devine evident că o testare corectă a uleiului ar trebui să reproducă mărimile solicitării în primul rînd la valori de măsură nominale cel puțin, dar ar fi preferabile valori mult mai mari, corespunzător unui coeficient de siguranță adecvat condițiilor de interacție ale cîmpurilor electromagnetice la care uleiul urmează să fie solicitat în instalațiile transformatoarelor. Exploziile și incendiile la marile transformatoare electrice, petrecute pretutindeni pe plan mondial, cu o frecvență demnă de luat în seamă, pledează pentru această idee. Condiția de interacție a unui ulei electroizolant supus acțiunii unor cîmpuri electromagnetice din instalațiile de transformatoare ar fi normal să fie stabilită atît pentru caracterul de manifestare instantanee cît și într-o a doua serie de manifestări, pentru caracterul de manifestare în timp. Aceasta pentru că răspunsul pe care trebuie să-l dea proprietățile uleiului nu este un răspuns la o proprietate statică și nici unul la o solicitare, la o proprietate instantanee. Solicitarea în transformator este fără îndoială dinamic variabilă și se produce în timp.

Se impune deci ca o condiție de testare a parametrilor dinamici ai uleiurilor electroizolante ca timpul intermediar scurs de la recoltarea probei de analizat pînă la complexul de analiză să fie redus la minimum, sau chiar să fie total înlăturat, fie prin amplasarea unor laboratoare direct în centralele electrice și în stațiile de transformare, fie prin realizarea direct pe transformator a testelor amintite, într-un concept reconsiderat, așa după cum s-a precizat anterior. Este evidentă necesitatea, din motive întemeiate pe asigurarea siguranței în funcționare, a reorganizării conținutului testelor în ansamblul condițiilor de funcționare și cu precădere pentru condițiile de interacție pentru cîmpurile electromagnetice.

Lucrarea de față este un punct de plecare într-o suită de cercetări ce vor fi realizate într-un concept nou, care își propune, între altele, posibilitatea detectării fluorescenței și luminiscenței în uleiurile electroizolante din transformatoare, a apariției grafitului sub forma unor centri ce pot mări probabilitatea de inflamabilitate și implicit de explozie, avînd în vedere faptul că așa-zisul punct de inflamabilitate, considerat ca o caracteristică determinantă a uleiurilor, în ideea prezentată de noi, își pierde valabilitatea în contextul noilor teorii referitoare la propagarea inflamabilității și exploziilor (de fapt, apariția în masele inflamabile a fenomenelor de flăcări reci, flăcări albastre, flăcări calde etc.).

Bibliografie

[1] * * * STAS 811—72.
[2] * * * *Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie*, 1964. W. Foerst, 15 Band.
[3] Pryor, W.A. *Introduction à la chimie des radicaux libres.* Dunod, Paris, 1969.
[4] Bednar, H., Sabău, I. și Silberg, I. *Puritatea uleiurilor electroizolante.* În: Energetica, 26, nr. 9, 1978, p. 291.
[5] * * * PE 116/78.
[6] Munteanu, I., Moșescu, N., Popescu, R. și Stejaru, D. *Determinarea hidrocarburilor aromatice din uleiurile de transformator prin spectrofotometria de absorbție în U.V.* În: Revista de chimie analitică, 1, nr. 3, 1971, p. 172.
[7] Ivasi, Teșcan și Conrad. *Analize de laborator în prelucrarea țițeiului.* Editura tehnică, București, 1966.
[8] Sabău, I. *Procedeu rapid de oxidare fotochimică a uleiurilor electroizolante neaditivate*: În: Energetica, 23, nr. 9—10, 1975.
[9] * * * STAS 6798-63.
[10] Bednar, V., Butnaru, A. și Bednar, H. *Metodă spectrofotometrică de determinare a concentrației în aditiv la uleiurile minerale aditivate.* În: Energetica, 27, nr. 5, 1979.
[11] Forje, A., Simionescu, C., Pop, M.G.M. ș.a. *Elemente stocastice obținute din experimente de laborator neconforme pentru o deschidere de integrare în structură matematică.* Consfătuirea „Matematica și informatica în lumina Documentelor Congresului al XII-lea al P.C.R.", Pitești, decembrie 1979.
[12] Forje, A., Simionescu, C., Pop, M.G.M. ș.a. *Epuizarea potențialului energetic implicat într-un proces tehnologic industrial, factor esențial în prevenirea poluării.* În: Energetica 27, nr. 11—12, 1979.

(Articol intrat în redacție în ianuarie 1980)

Utilizarea unor noi tehnologii bazate pe radiații infraroșii, pentru depistarea pierderilor în transportul energiei termice

Ing. O. Țuțuianu*)

În general, energia termică sub formă de abur și apă fierbinte se transportă de la surse la consumatori pe diferite distanțe, care, în prezent, în țara noastră au atins valori maxime de ordinul zecilor de kilometri.

În scopul reducerii pierderilor de căldură și asigurării unor temperaturi ale suprafețelor exterioare în limitele stabilite de normele de protecție a muncii, conductele care transportă fluide calde se prevăd, încă din faza de proiectare, cu izolație termică avînd anumite caracteristici și o grosime a cărei valoare trebuie să rezulte dintr-un calcul tehnico-economic de optimizare.

Un rol important revine și izolării termice a îmbinărilor cu flanșe a conductelor și armăturilor amplasate pe acestea. Pierderea de căldură care se produce în cazul unei flanșe neizolate este echivalentă cu pierderea care apare prin 0,5 m din conducta respectivă, în timp ce la o armătură (vană) neizolată ea echivalează cu pierderea prin 1,2 m din conductă [4].

1. Necesitatea verificării izolației termice. Tehnologia clasică

Pe parcursul exploatării, dintr-o serie de cauze datorate condițiilor de lucru (șocuri mecanice, termice sau hidraulice, tasări, uzuri ale elementelor de susținere, acțiunea umidității sau a microorganismelor etc.), deficiențelor de fabricație sau de montaj și altele, izolația termică își pierde în anumite zone caracteristicile de proiect, aceasta ducînd la apariția unor surse importante de pierderi de căldură, respectiv de energie primară.

Întrucît, în general, izolația termică este acoperită cu un înveliș protector din diverse materiale opace, deteriorarea ei poate să treacă neobservată la controlul vizual.

De aici rezultă necesitatea verificării periodice a stării izolației și refacerea ei, operație care, în conformitate cu normativele tehnice actuale [7], trebuie să se execute cel puțin o dată pe an la conductele de apă fierbinte și la o jumătate de an la conductele de abur. Verificarea stării izolației termice la conductele montate în canale nevizitabile se prevede să se execute o dată la doi ani, concomitent cu verificarea conductelor respective.

Cu ocazia acestor controale ale izolației, trebuie verificate:

— temperatura la suprafața izolației și în interiorul acesteia;

— aderența sau încovoierea izolației față de suprafața aplicată;

— caracteristicile tehnice ale materialelor izolatoare (greutate specifică, conductivitate termică, porozitate, permeabilitate la apă, umiditate etc.), în raport cu cele înscrise în fișa tehnică.

Pentru măsurarea temperaturii la suprafața exterioară și interioară a izolației se indică utilizarea de termocuple.

În general, această tehnologie de verificare (chiar și în cazul folosirii unor termopalpatoare în locul termocuplelor clasice) este destul de laborioasă și dificil de aplicat, mai ales în cazul conductelor montate subteran, iar efectuarea măsurătorilor prin sondaj nu poate oferi o imagine completă a situației întregii conducte a rețelei.

*) Ing. Ovidiu Țuțuianu lucrează în cadrul Direcției tehnice din M.E.E.

2. Controlul stării izolației termice cu termometrul cu infraroșii

În 1978 ICEMENERG a fost dotat cu un termometru cu infraroșii RAYTEK IR-120/n, destinat depistării de la distanță a punctelor fierbinți (contacte imperfecte) în instalațiile electrice.

Aparatul, construit sub forma unei arme cu lunetă, este prezentat în figura 1.

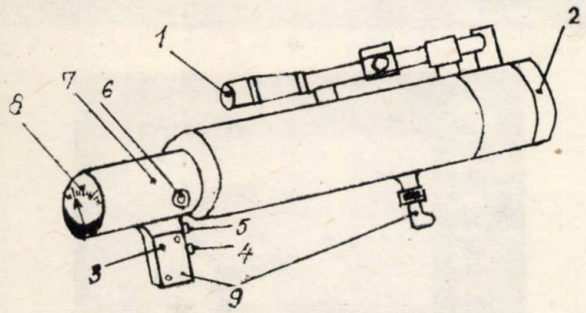


Fig. 1. Termometrul cu infraroșii.

1 — obiectiv; *2* — sistem optic; *3* — locaș baterii 5,4 V; *4* — buton control baterii; *5* — buton de pornire și funcționare; *6* — comutator pentru poziția „zero"; *7* — locaș detector și amplificator de semnal electric; *8* — scală gradată; *9* — mînere de susținere.

Principiul de funcționare este următorul: radiațiile infraroșii emise de o anumită suprafață sînt focalizate de sistemul optic al aparatului, pe un detector sensibil la aceste radiații. Detectorul convertește cantitatea de energie primită într-un semnal electric, care este amplificat într-un amplificator tip corp solid. Acest semnal este transmis apoi unui circuit de compensare propriu aparatului, calibrat direct în °C.

Se vizează, mai întîi, prin obiectiv suprafața din vecinătatea țintei, care se presupune că are temperatura mediului ambiant, pînă cînd acul indică 0°C pe scala gradată. Apoi se vizează centrul țintei și se citește direct pe scală în °C valoarea temperaturii peste cea a mediului ambiant.

Cu acest aparat s-au efectuat determinări experimentale pentru verificarea temperaturii la suprafața izolației termice la o porțiune din racordul de apă fierbinte (conductă ducere), o conductă aeriană cu $d_e = 219$ mm, din incinta ICEMENERG.

Rezultatele obținute cu ocazia acestei investigații se dau în tabelul 1.

În cazul porțiunilor de conductă cu izolația termică în stare corespunzătoare, temperatura la suprafața exterioară a izolației a fost de circa 8—10 °C, cu 3—5 °C peste temperatura mediului ambiant. Aceste rezultate sînt foarte apropiate de valorile calculate de ISPE — București pentru conductele de ducere a apei fierbinți în sistemele urbane de termoficare, arătate în tabelul 2.

Termometrul cu infraroșii este ușor manevrabil, oferă posibilitatea de investigare rapidă (viteza de răspuns 2 s), este autonom și portabil, permițînd controlul complet al unor lungimi mari de conducte sau chiar rețele de conducte.

Tabelul 1

Măsurători cu termometrul cu infraroșii

$t_{fluid} = 67°C$; $t_{aer} = +5°C$

Nr. crt.	Starea izolației după îndepărtarea învelitorii de tablă	Temperatura izolației după vizare, °C		$\Delta t = t_{iz} - t_{aer}$
		pe diametrul orizontal	pe diametrul vertical	
1	Porțiune dreaptă cu izolație corespunzătoare	8	8	3
2	Cot cu izolație termică corespunzătoare	9	10	4—5
3	Porțiune dreaptă cu izolație tasată și fisurată pe diametrul orizontal	30	17	12—25
4	Cot cu izolație tasată și fisurată pe diametrul orizontal	30	19	14—25
5	Porțiune cu izolație tasată desprinsă de conductă, susținută de învelișul de tablă	25	30	20—25
6	Porțiune de conductă fără izolație termică	65	65	60

Tabelul 2

Valori de calcul pentru temperatura la suprafața izolației [8]

Nr. crt.	Parametrul	Valori, °C			
1	Temperatura aerului exterior	−15	0	+5	+10
2	Temperatura apei fierbinți	150	100	85	70
3	Temperatura suprafeței exterioare a izolației termice:				
	— din vată minerală tip I	−4,5	+6	+9,5	+13,5
	— din vată minerală tip P	−5,2	+5,5	+9	+13,2
4	$\Delta t = t_{izolație} - t_{aer}$	10,5	6	4,5	3,5
		9,8	5,5	4	3,2

Diferențele de temperatură față de mediul ambiant sînt înregistrate cu o precizie de ±2°C, suficientă pentru scopul propus.

Această tehnologie poate fi perfecționată și adaptată cît mai favorabil la condițiile de exploatare curentă a conductelor de transport și distribuție a energiei termice.

3. Termoviziunea

O altă tehnologie de depistare a pierderilor de căldură, bazată tot pe principiul radiațiilor infraroșii, dar cu posibilități evident superioare celei prezentate mai sus, este termoviziunea, procedeu introdus în 1960 și perfecționat pe parcurs de firma suedeză AGA Thermovision. Întrucît nu ne propunem să facem aici o prezen-

tare pe larg a acestui procedeu, ne vom mărgini să arătăm următoarele :

a) Instalaţiile portative de termoviziune dispun de o cameră care sesizează nivelurile energetice ale radiaţiilor infraroşii ale tuturor punctelor suprafeţelor controlate şi le transformă în semnal video.

Imaginea în infraroşu a obiectului controlat se afişează pe ecranul unui monitor (tub cadic — fig. 2).

a) *b)*

Fig. 2. Instalaţie de termoviziune.

a — alimentare de la reţeaua de c.a.; *b* — alimentare pe baterie în ambele variante; *1* — cameră de recepţie a radiaţiilor infraroşii; *2* — monitor pentru afişarea termoimaginii.

Se pot efectua de la distanţă determinări precise ale temperaturii relative şi absolute a corpurilor fixe sau în mişcare, într-o bandă foarte largă (—30°C la +2000°C), cu posibilităţi de înregistrare a termoimaginii pe hîrtie alb-negru sau color, pe peliculă de film sau pe bandă magnetică. Punctele calde ale suprafeţelor instalaţiilor apar în culori şi nuanţe deschise, spre deosebire de cele reci, care apar mai întunecate.

b) Procedeul îşi găseşte aplicaţii în domenii diverse : medicină, prospecţiuni geologice (depistarea surselor geotermale), protecţia mediului ambiant (localizarea surselor de poluare termică), prevenirea şi stingerea incendiilor (depistarea focarelor de incendii în păduri şi în alte zone greu accesibile), construcţii (depistarea pierderilor de căldură prin pereţii clădirilor şi prin suprafeţele vitrate), în industrie (controlul izolaţiei termice a conductelor şi recipientelor, studii de temperatură privind încercarea materialelor, detectarea coroziunii interne la suprafeţele schimbătoare de căldură etc.) [1], [6].

c) De reţinut că astfel de instalaţii pot fi montate pe autovehicule şi elicoptere, ceea ce oferă o rază mare de acţiune şi posibilitate de detectare operativă a defecţiunilor.

d) În Danemarca se utilizează, cu eficienţă dovedită, începînd din 1973, o instalaţie de termoviziune montată pe un autovehicul de teren, pentru depistarea zonelor cu pierderi de căldură sau de fluide pe reţele termice, prin inspecţia de 3—4 ori pe an a tuturor conductelor, inclusiv cele subterane [3] (fig. 3).

a)

b)

Fig. 3. Controlul reţelelor de termoficare cu ajutorul termoviziunii în Danemarca.

a — autovehicul pe care se instalează instalaţia de termoviziune; *b* — termografie care pune în evidenţă o fisură apărută la o conductă subterană de termoficare (pata albă din centrul imaginii).

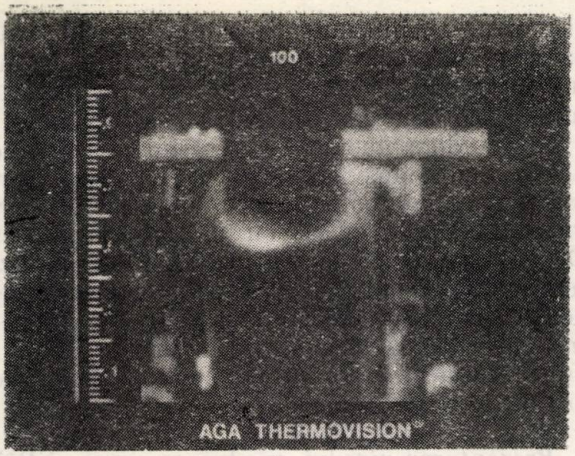
e) În ţara noastră, primele testări ale stării izolaţiei termice a conductelor, armăturilor, instalaţiilor termice şi clădirilor efectuate cu un aparat AGA THERMOVISION 750 au avut loc, din iniţiativa M.E.E., la CET Bucureşti-Sud şi ICEMENERG în februarie 1979 (fig. 4).

f) Ulterior s-au efectuat termografieri în instalaţiile din CET Bucureşti-Sud, CET Bucureşti-Vest, CTE Rovinari, cu un aparat din dotarea INCREST-Bucureşti.

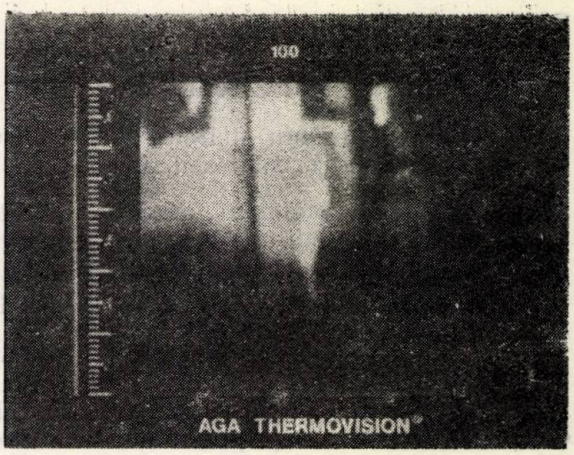
Concluzii

Noile tehnologii prezentate şi în special termoviziunea înlătură o serie de neajunsuri ale metodelor clasice de control al stării izolaţiei termice şi permit depistarea operativă a pierderilor de căldură şi de agenţi termici.

Pe lîngă avantajele prezentate mai sus, aceste tehnologii oferă posibilitatea de localizare exactă a punctelor cu pierderi de căldură — prin izolaţie şi scăpări de agenţi termici — din reţelele de termoficare, indicîndu-se unde anume trebuie să intervenim, spre deosebire de metoda actuală de determinare a pierderilor globale în reţea, prin măsurători de temperatură la capătul şi la punctul terminus al reţelei.



a)



b)

c)

Fig. 4. Termografii efectuate la CET București-Sud la 23.02.1979. Zonele de culoare albă reprezintă porțiuni cu izolație termică slăbită.

Ex.: inelul superior la carcasa vanei din fig. *a*; porțiunea superioară a vanei din fig. *b*; coturile conductelor din fig. *c*.

Prin adaptarea unui calculator la o instalație de termoviziune se va putea efectua și evaluarea cantitativă a pierderilor de căldură, operație atît de necesară în acțiunile de conservare a energiei, care încep să aibă o amploare tot mai mare în țara noastră.

Bibliografie

[1] Andersen, L.J. *Energy conservation with thermography*. AGA, 1976.

[2] Burducea, C. și Leca, A. *Conducte și rețele termice*. Editura tehnică, 1974.

[3] Dresler, Th. *How the infrared technique can help to solve leakage problems in district heating systems with AGA THERMOVISION 750*. AGA, 1978.

[4] Feldmann, V., Werschinq, H. și Vințan, M. *Măsuri practice generale de economisire a combustibilului și căldurii în industrie*. 1976.

[5] Goleand, M.M. *Calculul și încercarea izolației termice*. Traducere din limba rusă. Editura tehnică, 1963-

[6] Hurley, C.W. și Kreider, K.G. *Applications of Thermography in Industry*. AGA, 1976.

[7] * * * M.E.E. *Regulamentul pentru exploatarea și întreținerea rețelelor de termoficare* (PE 215/1974), reactualizat în 1979.

[8] * * * M.E.E. *Notă privind dimensionarea izolației termice a conductelor de termoficare cu apă fierbinte*, 1978.

(Articol intrat în redacție la 5 noiembrie 1979)

Extinderea posibilităților de calcul al regimurilor tranzitorii ale SEN

ing. **B. Ungureanu**, matem. **V. Tetelbaum**, matem. **V. Florescu**, ing. **M. Sîrbu***)

După cum este cunoscut, analiza stabilității tranzitorii**) a unui sistem electroenergetic reprezintă o problemă importantă și actuală, iar rezolvarea nu poate fi concepută fără programe de calcul performante.

În acest sens, în perioada 1968—1976, colective de specialiști din ISPE, ICEMENERG și DEN [1], [2], [3] [4] au elaborat și dezvoltat o serie de algoritme și programe, utilizate la calculatoarele Elliott 4120 (REDI, REDIMT) și IRIS-50 (REDI, REDIP, REDIN).

Pornind de la aceste programe, pe baza cerințelor practice actuale ale dezvoltării și exploatării sistemului energetic național, au fost proiectate și realizate trei programe înlănțuite (EDIN-REDINA-GRAFIC) — integrate în pachetul de programe pentru aplicații energetice off-line ale Dispecerului energetic național — programe pentru sistemul de calcul FELIX C-256.

Lucrarea de față își propune să prezinte acest nou produs software și în special elementele suplimentar introduse, în comparație cu programele precedente.

1. Actualitatea problemei

Sub acest titlu vom examina de ce este necesar să se aprofundeze în prezent analiza comportării sistemului energetic național în regimuri tranzitorii și, de asemenea, de ce a fost necesar să se elaboreze un nou produs software.

1.1. Principala motivație poate fi atribuită dezvoltării sistemului energetic sub toate aspectele, unele dintre ele conducînd la mărirea complexității fenomenelor tranzitorii, altele la înrăutățirea condițiilor naturale de stabilitate.

Astfel, extinderea rețelelor de foarte înaltă tensiune determină mărirea surselor pentru compensarea puterii reactive, apărînd situații frecvente de exploatare a generatoarelor sincrone în regimuri de funcționare capacitivă.

Creșterea puterii unitare a grupurilor, în general cu reactanțe sincrone ridicate, tendința de înlocuire a excitatoarelor de curent continuu cu sisteme de excitație cu redresoare, introducerea în sistemele de reglare a tensiunii de semnale adiționale, echiparea sistemelor de reglare a vitezei cu dispozitive suplimentare de închidere rapidă a admisiei agentului motor în turbină, introducerea unor automatizări de sistem etc., sînt numai cîteva din elementele care impun reconsiderarea modelării fenomenului de stabilitate tranzitorie și deci a realizării unor programe de calcul mai complexe.

1.2. A doua motivație o găsim în faptul că acest nou produs software a trebuit să fie proiectat ca o componentă a unui pachet de programe, realizat odată cu dezvoltarea dotării Dispecerului energetic național. În plus, utilizarea relativ îndelungată a programelor precedente a condus la formularea unor cerințe pentru perfecționarea unor proceduri de calcul și în general de ameliorare a exploatării programelor.

2. Prezentarea noului produs program EDIN-REDINA-GRAFIC

2.1. La realizarea noului produs s-au avut în vedere două premise opuse, și anume, pe de o parte, necesitatea de a analiza funcționarea în regim tranzitoriu a unor sisteme energetice de dimensiuni mari (1000—1300 noduri și circa 150 generatoare), iar pe de altă parte resursele limitate în ceea ce privește capacitatea de calcul (circa 156 Ko memorie disponibilă pentru utilizator, la calculatorul FELIX C-256). În aceste condiții și ținînd seama că la producerea unui defect zonele îndepărtate sînt puțin influențate, singurul mod de abordare este de a păstra în adevărata identitate numai o zonă din rețea (zona de interes), iar zonele îndepărtate de locul de defect să fie înlocuite cu scheme reduse echivalente, de exemplu cu echivalenți REI-Dimo [5], [7].

A rezultat următorul mod de lucru pentru analiza stabilității tranzitorii a sistemului energetic național (vezi și figura 1) :

a) Se selectează regimul caracteristic al rețelei de studiat, dintre regimurile calculate cu unul din programele de regim permanent (FAST, NERA sau NEWREI) și stocate pe suport magnetic.

b) Completarea rețelei inițiale cu date despre mașinile electrice, reducerea rețelei (noduri și generatoare) la o rețea echivalentă de dimensiuni mai mici și crearea unei interfețe pe suport magnetic, cu toate datele necesare efectuării calculelor de regim tranzitoriu. Aceste operații se realizează cu programul EDIN (Echivalenți DINamici).

c) Calculul regimului tranzitoriu, cu ajutorul programului REDINA (Regimuri DINAmice), pe baza datelor suplimentare cu privire la perturbație, automatizări de sistem etc.

d) Rezultatele calculelor de regim tranzitoriu pot fi prezentate și sub formă grafică, pe hîrtie de imprimantă, cu programul GRAFIC.

2.2. Programul EDIN. Așa cum se poate remarca și din figura 1, programul EDIN reprezintă prima verigă din lanțul de programe utilizate pentru calculul regimurilor tranzitorii ; rolul său este de a genera interfața (fișiere spe-

*) Ing. B. Ungureanu, matem. V. Telebaum și matem. V. Florescu lucrează la ISPE ; ing. M. Sîrbu lucrează la ICEMENERG.

**) Se recomandă ca și în limba română să nu se mai utilizeze termenul *„stabilitate dinamică"*, termenul recomandat]6] fiind *stabilitate tranzitorie*.

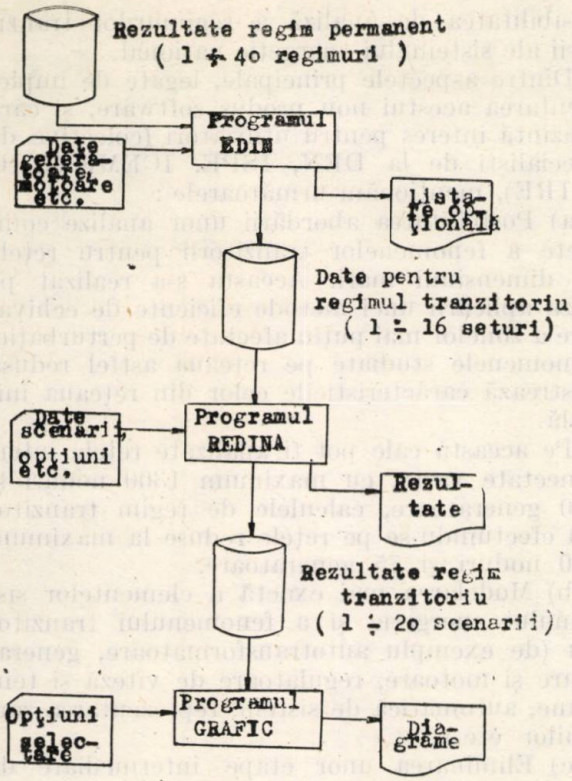


Fig. 1. Schema de înlănţuire a programelor EDIN—REDINA—GRAFIC.

cializate) pentru programul REDINA, pornind de la un regim permanent calculat şi de la informaţii asupra maşinilor electrice conectate în nodurile reţelei iniţiale.

Programul permite reducerea reţelei iniţiale şi gruparea generatoarelor coerente, în generatoare echivalente conectate în noduri fictive construite prin procedeul REI-Dimo [7]. Gruparea generatoarelor se face în funcţie de acceleraţia unghiulară iniţială (calculată faţă de locul de defect indicat), dată de relaţia :

$$a_i = \frac{\Delta P_i}{S_{ni}\, M_i}, \qquad (1)$$

în care

ΔP_i este dezechilibrul de putere pe generatorul i;

S_{ni} — puterea aparentă nominală a generatorului i;

M_i — timpul de lansare al generatorului i.

— În funcţie de aceste valori se determină de asemenea şi zona care va fi păstrată neschimbată faţă de reţeaua iniţială. Pot fi păstrate opţional şi alte elemente, cum ar fi : noduri de tip consumator în care sînt automatizări de tip DAS, anumite generatoare şi linii pe care se urmăreşte în mod special funcţionarea protecţiilor.

Interfaţa cu programul REDINA este organizată avantajos, în sensul evitării în acest program a calculelor privind ordonarea optimală a matricei Y, calculul coeficienţilor ecuaţiilor diferenţiale etc.

Programul EDIN este scris în limbaj FORTRAN, are circa 3000 instrucţiuni şi permite prelucrarea unor reţele iniţiale cu pînă la 1300 noduri, 1950 laturi, 150 generatoare şi 25 motoare.

2.3. *Programul REDINA*. După cum este cunoscut, finalitatea programului REDINA este aceea de a predetermina variaţia în timp a mărimilor caracteristice funcţionării sistemelor energetice, la apariţia unor perturbaţii succesive, ca, de exemplu : scurtcircuite, deconectări, reanclanşări etc.

Calculul regimului tranzitoriu începe prin modelarea primei perturbaţii, modificînd în acest sens matricea Y, corespunzătoare reţelei obţinute după execuţia programului EDIN. Se rezolvă, apoi, sistemul liniar de ecuaţii (2), soluţia reprezentînd tensiunile în nodurile reţelei.

$$\left|\begin{array}{c|c} Y_{cc} & Y_{cg} \\ \hline Y_{gc} & Y_{gg} \end{array}\right| \left|\begin{array}{c} U_c \\ \hline U_g \end{array}\right| = \left|\begin{array}{c} 0 \\ \hline I_g \end{array}\right|, \qquad (2)$$

unde

c reprezintă noduri de reţea (consumatoare);

g — noduri de reţea la care sînt conectate maşini electrice.

Pe baza tensiunilor din noduri, se determină circulaţiile de puteri şi impedanţele aparente pe anumite artere şi, de asemenea, componentele tensiunilor U_g în sistemul de coordonate $d-q$, pentru fiecare maşină electrică. Se calculează apoi puterile active şi de dezechilibru pe maşinile sincrone şi se trece la integrarea ecuaţiilor diferenţiale care descriu regimul tranzitoriu, obţinîndu-se valorile variabilelor (tensiunilor electromotoare tranzitorii, unghiul rotoric şi variaţia cuplului mecanic, la sfîrşitul intervalului de timp Δt).

Procesul se repetă la fiecare pas al unei etape de calcul în care matricea Y nu se modifică, deci pînă la apariţia unei noi perturbaţii.

Modelarea maşinii sincrone, a motorului asincron şi a celorlalte elemente de sistem este realizată ca şi în programele precedente [1], [2], [4]; opţiunile nou introduse în programul REDINA sînt prezentate succint în paragraful 3.

Programul REDINA este scris în limbajul FORTRAN, conţine peste 2500 instrucţiuni şi permite calculul regimurilor tranzitorii pentru reţele cu următoarele dimensiuni maxime : 180 noduri, 600 legături, 75 maşini sincrone, 25 motoare, 50 dispozitive DAS şi 15 automatizări de sistem.

Durata (timp *UC*) pentru calculul unui sistem cu 23 noduri, 62 legături și 12 generatoare este de circa 1 secundă/pas de integrare.

2.4 *Programul GRAFIC.* Rezultatele calculelor de regim tranzitoriu sînt stocate opțional la execuția programului REDINA și pot fi publicate la imprimantă, sub formă de diagrame, cu ajutorul programului GRAFIC. Acest lucru se realizează selectiv, dintre următoarele mărimi reținute : unghiurile mașinilor sincrone, tensiunile nodurilor rețelei, circulații de puteri/curenți pe linii, unele mărimi caracteristice pentru regimul mașinilor sincrone și al motoarelor asincrone. Pe o aceeași diagramă pot fi reprezentate max. 5 curbe, iar dimensiunile diagramei sînt : ordonata — 30 cm, abscisa — pînă la 90 cm (3 pagini de imprimantă).

3. Extinderea posibilităților de calcul

În comparație cu programele utilizate pînă în prezent, au fost realizate o serie de îmbunătățiri și extinderi, pe care le vom prezenta pe scurt în cele de mai jos :

— posibilitatea calculării unor regimuri tranzitorii pe rețele de dimensiuni mai mari (vezi par. 2);

— reluarea calculelor de regim tranzitoriu, de la un moment t la schimbarea scenariului, eliminîndu-se deci calculele pentru intervalul de timp $0-t$;

— utilizarea procedeului de memorare numai a elementelor nenule ale matricei Y și a procedeului de eliminare optimală la rezolvarea sistemului de ecuații ;

— modelarea noului tip de regulator automat de tensiune, electrohidraulic, RT-81, și de asemenea completarea celor existente cu noi semnale adiționale (frecvența, curentul statoric, curentul de excitație, puterea activă, precum și derivatele acestor mărimi) ;

— considerarea limitării în timp a forțării excitației mașinilor sincrone și revenirii tensiunii de excitație în funcție de valoarea tensiunii la bornele mașinii ;

— modelarea automatizărilor de sistem existente sau prevăzute a fi introduse în sistemul energetic național ;

— modelarea simplificată a acționării protecțiilor de distanță de pe anumite linii ;

— tipărirea rezultatelor sau reprezentarea grafică a unor mărimi, în mod selectiv.

Concluzii

Realizarea pachetului de programe EDIN-REDINA-GRAFIC, pentru sistemul de calcul FELIX C-256, reprezintă un progres evident, în comparație cu programele anterioare, privind posibilitatea de analiză a regimurilor tranzitorii ale sistemului energetic național.

Dintre aspectele principale, legate de implementarea acestui nou produs software, și care prezintă interes pentru utilizatori (colective de specialiști de la DEN, ISPE, ICEMENERG și IRE), menționăm următoarele :

a) Posibilitatea abordării unor analize complete a fenomenelor tranzitorii pentru rețele de dimensiuni mari. Aceasta s-a realizat pe baza aplicării unei metode eficiente de echivalare a zonelor mai puțin afectate de perturbație. Fenomenele studiate pe rețeaua astfel redusă păstrează caracteristicile celor din rețeaua inițială.

Pe această cale pot fi analizate rețele interconectate vaste, cu maximum 1300 noduri și 150 generatoare, calculele de regim tranzitoriu efectuîndu-se pe rețele reduse la maximum 180 noduri și 75 generatoare.

b) Modelarea mai exactă a elementelor sistemului energetic și a fenomenului tranzitoriu (de exemplu autotransformatoare, generatoare și motoare, regulatoare de viteză și tensiune, automatică de sistem, reprezentarea sarcinilor etc.).

c) Eliminarea unor etape intermediare de prelucrare și a unor erori posibile, prin utilizarea înlănțuită a programelor ca urmare a realizării unor interfețe specifice.

d) Posibilitatea de publicare grafică selectivă a rezultatelor calculelor de regim tranzitoriu, care permite o analiză ușoară a fenomenului.

Notă. Autorii mulțumesc colegilor lor dr. ing. S. Ionescu, ing. O. Gheorghe, ing. M. Botgros, ing. Cr. Necșulescu și și matem N. Berler, care i-au asistat pe parcursul elaborării noului produs software.

Bibliografie

[1] Ionescu, S. și col. *Utilizarea calculatoarelor electronice cifrice în analiza condițiilor de stabilitate dinamică.* Lucrare ISPE, iunie 1968.

[2] Ionescu, S., Mathé, S. și Meerovici, E. *Studiul condițiilor de reprindere în sincronism a grupurilor generatoare de mare putere.* Lucrare ISPE, septembrie 1972.

[3] Ionescu, S. și Ungureanu, B. *Studiul regimurilor dinamice ale motoarelor asincrone.* În : Energetica, nr. 10, 1969.

[4] Crețu, I, Ionescu, S. și Botgros, M. *Cercetări privind extinderea posibilităților programului pentru calculul stabilității dinamice și utilizarea înlănțuită a acesteia cu programul de regim staționar.* Lucrare ISPE și ICEMENERG, ianuarie 1976.

[5] Dimo, P., Groza, L., Ionescu, S., Ungureanu, B. și Petcu, I. *L'équivalent REI, modèle général pour l'analyse du functionnement des réseaux d'énergie.* CIGRE, 1974, Rap. 32—16.

[6] Barbier, C., Carpentier, L. și Saccomanno, F. *Projet de classifications et terminologies concernant les problèmes de stabilité dans les réseaux de puissance.* În : Electra, CIGRE, nr. 56, ian. 1978, p. 57—67.

[7] Dimo, P. *Nodal Analysis of Power Systems.* Editura Academiei R.S.R. și Abacus Press, 1975.

(Articol intrat în redacție la 17 decembrie 1979)

Aprecieri privind evoluția releelor de gaze și contribuții la perfecționarea lor

Ing. **D. Cernomazu**
și ing. **Gh. Michiu** *)

Deși mijloacele de protecție a transformatoarelor electrice împotriva defectelor interne și externe au fost perfecționate și diversificate, protecția de gaze realizată prin releul Buchholz (releul de gaze) continuă să constituie principala protecție contra defectelor interne a transformatoarelor, avîndu-se în vedere, desigur, calitățile remarcabile ce-o însoțesc, și anume : simplitate, sensibilitate, rapiditate în cazul defectelor grave, precum și posibilitatea semnalizării sau declanșării transformatoarelor, funcție de gravitatea defectului. Se apreciază că protecția de gaze constituie cea mai sensibilă dintre protecțiile transformatorului în cazul scurtcircuitului între spire.

Articolul de față a fost realizat în urma studierii unui număr mare de relee de gaze, de proveniență indigenă sau străină, montate pe transformatoarele sosite pentru reparație, analizîndu-se calitatea acestora și efectuîndu-se comparații.

În construcția clasică, releul de gaze constă dintr-un recipient prevăzut cu două orificii, unul de intrare și unul de ieșire plasat pe conducta de legătură dintre cuva transformatorului și condensator. În interiorul recipientului sînt plasate două echipaje mobile, unul superior format dintr-un flotor în legătură cu un întrerupător capsulat și altul, inferior, format dintr-o paletă solidară cu un flotor și un întrerupător capsulat. Echipajul superior semnalizează degajarea lentă de gaze în transformator, în timp ce echipajul inferior comandă declanșarea transformatorului ca urmare a unui defect de mari proporții, ce produce un jet puternic de ulei și gaze pe conducta de legătură dintre cuvă și conservator.

La primele tipuri de relee, din care unele pot fi întîlnite și astăzi în exploatare, flotoarele erau executate din tablă sub forma unor corpuri de revoluție, pentru ca apoi să se ajungă la flotoarele sferice realizate din două emisfere de tablă ambutisată.

Soluția modernă o constituie executarea flotoarelor sferice, din materiale plastice cu punctul de înmuiere mult superior temperaturii maxime pe care o poate atinge uleiul din transformator.

Figura 1 reprezintă un releu cu flotoare de material plastic realizat de firma VEB Elektrotechnik und Gerätebau Magdeburg, din R. D. Germană.

*) Ing. Dorel Cernomazu lucrează la Uzina de reparat transformatoare și aparataje electrice (URTAE) — Roman; ing. Gh. Michiu este directorul acestei uzine.

Avantajul acestor flotoare constă în faptul că, eliminîndu-se necesitatea lipiturilor cu cositor, se elimină și pericolul apariției unor pori ca urmare a unor lipituri necorespunzătoare prin care uleiul poate pătrunde în interiorul flotorului, anulîndu-i funcția în cadrul releului

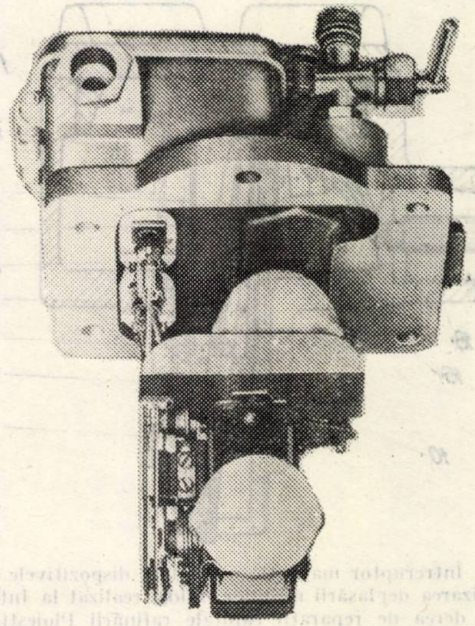


Fig. 1. Releu de gaze cu flotoare din material plastic.

În legătură cu întrerupătoarele capsulate, trebuie remarcat că mai continuă să coexiste întrerupătoarele basculante cu mercur și cele cu acționare magnetică (relee REED).

Viitorul aparține, desigur, întrerupătoarelor cu acțiune magnetică datorită calităților în legătură cu durata mare de viață și viteza mare de răspuns (sub 0,8 ms).

Întrerupătoarele cu acțiune magnetică, nefiind montate solidar cu echipajele mobile, sînt ferite de pericolul fisurării recipientului de sticlă, situație frecventă la întrerupătoarele basculante cu mercur, care, fiind montate pe echipajele mobile ale releului, sînt supuse șocurilor mecanice pricinuite de jeturile puternice de gaze și ulei apărute în urma defectelor grave.

O construcție originală de întrerupător magnetic utilizabil în general la semnalizarea deplasării mediilor fluide, dar care poate fi utilizată și în cazul releelor de gaze, este prezentată în figurile 2, 3 și 4, reprezentînd invenția unui colectiv condus de ing. Florin Neagoe de la Întreprinderea de reparații capitale rafinării Ploiești.

Conform invenției, dispozitivul este format dintr-o carcasă *1*, închisă cu capacul *2*, în care sînt incluse sau racordate elementele de transmitere a deplasărilor prin intermediul unui braț cu pîrghie *3*, care pivotează în jurul unui ax *4*, la celălalt capăt al pîrghiei fiind fixate un magnet permanent *5* și o armătură a aces-

tuia *6*, prin şuruburile *7*. Separarea de mediul fluid sau gazos, a cărui deplasare se semnalizează electric, se realizează prin intermediul unui cilindru *8*, din oţel, înşurubat etanş într-o

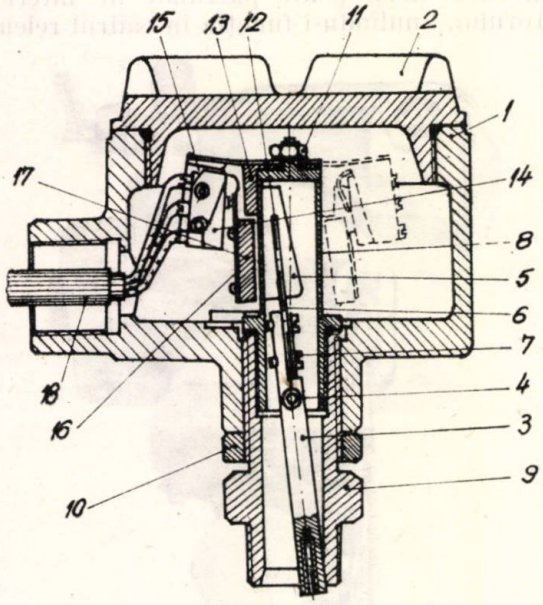


Fig. 2. Întreruptor magnetic utilizat la dispozitivele pentru semnalizarea deplasării mediilor fluide, realizat la Întreprinderea de reparaţii capitale rafinării Ploieşti.

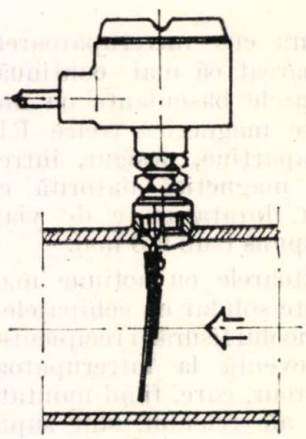


Fig. 3. Semnalizator pentru viteza de curgere a fluidului echipat cu întrerupătorul magnetic din fig. 2.

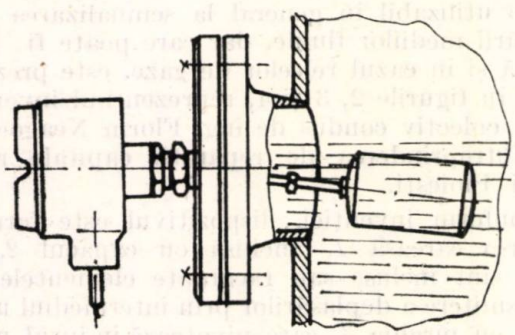


Fig. 4. Semnalizator de nivel echipat cu întrerupătorul magnetic din fig. 2.

bucşă filetată *9*, care este fixată prin înşurubare în carcasa *1* şi asigurată cu piuliţa *10*. Cilindrul *8* se continuă la partea superioară cu un mic ax filetat, de care se fixează cu ajutorul piuliţei *11*, un suport *12* şi o armătură magnetică *13*, cu poziţii de fixare variabile în jurul axului. De suportul *12* se fixează un microîntrerupător electric *14*, prin intermediul unor şuruburi cu piuliţă *15*. La partea superioară a microîntrerupătorului *14* este fixată şi o lamelă elastică *16*, de care este montată o armătură magnetică *17*, cu ajutorul unor nituri sau şuruburi.

Microîntrerupătorul electric este acţionat prin deplasarea lamelei elastice *16* şi are racordat la bornele sale conductoarele electrice ale unui cablu. Deplasarea fluidului sau a gazelor prin conducte se sesizează prin intermediul flotoarelor sau paletelor, a căror mişcare se transmite direct sau articulat la pîrghia *3*. Pîrghia *3* are poziţia normală corespunzătoare schemei, poziţie în care magnetul permanent *5* atrage şi este atras de armăturile magnetice *13* şi *17* prin ecranul magnetic *8*, care face separaţia între mediul măsurat şi dispozitivul propriu-zis de semnalizare electrică. În această situaţie, lamela elastică *16* este arcuită şi deschide microîntrerupătorul electric *14*. În momentul deplasării pîrghiei *3* cu magnetul permanent *5*, în partea opusă a cilindrului magnetic *8*, armătura magnetică *17*, fiind eliberată de forţa de atracţie magnetică a magnetului permanent *5*, este readusă în poziţia iniţială de lamela elastică *16*, deci se închide microîntrerupătorul *14*. În acest fel se realizează comutarea microîntrerupătorului, deci semnalizarea electrică.

Dispozitivul prezintă avantajul de a fi simplu, cu uzură redusă chiar în condiţii îndelungate de funcţionare şi cu posibilitatea utilizării în domenii diverse, fără modificări.

Sensibilitatea releelor de gaze la acţiunea jetului de gaze şi ulei se reglează în mod obişnuit prin variaţia suprafeţei active a paletei echipajului mobil inferior. Există astfel posibilitatea reglării sensibilităţii releului în gama 0,5—1,5 m/s. O modalitate relativ nouă de reglare a sensibilităţii este întîlnită la releele de fabricaţie VEB Elektrotechnik und Gerätebau Magdeburg (fig. 5 şi 6), unde suprafaţa activă a paletei echipajului mobil inferior rămîne invariabilă, reglarea sensibilităţii realizîndu-se prin modificarea forţei de atracţie a unui magnet asupra paletei. În scopul arătat, releul este prevăzut (fig. 5 şi 6) cu o placă intermediară *8*, de care este fixat un magnet permanent *9*, ce menţine în stare atrasă paleta *7*. Forţa cu care este atrasă paleta de către magnet poate fi variată prin modificarea întrefierului dintre cele două elemente. Pentru realizarea celor arătate, în placa intermediară *8* sînt practicate 4 găuri, în care se poate introduce un şurub *10*, ce fixează magnetul în di-

ferite poziții. În modul arătat sensibilitatea releului la acțiunea jetului gaze-ulei poate fi variată în gama 0,65 —1,5 m/s.

Releele de gaze nu sînt prevăzute cu posibilități de reglare a sensibilității sub 0,5 m/s, în

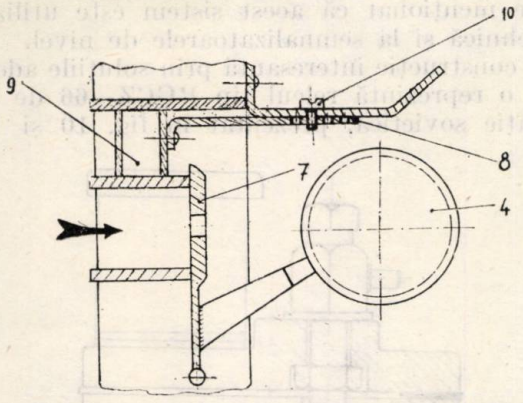


Fig. 5. Sistemul de reglare prin magnet mobil a sensibilității echipajului inferior al releelor de gaze.

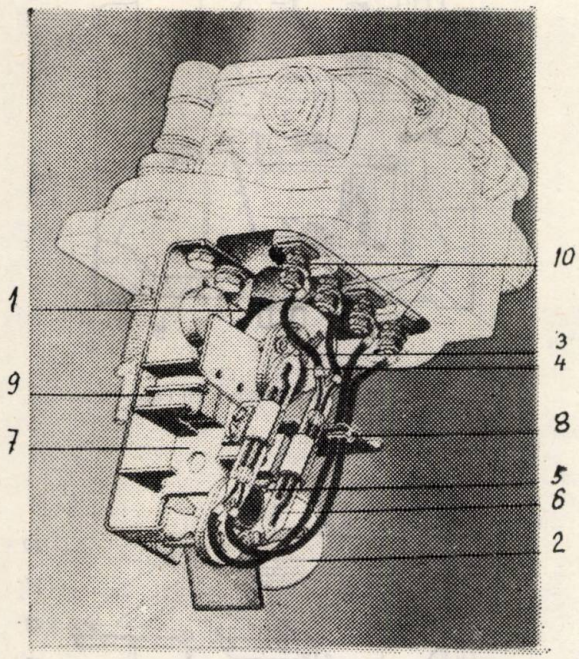


Fig. 6. Releu de gaze prevăzut cu întrerupătoare magnetice (REED) și magnet mobil pentru reglarea sensibilității echipajului inferior.

1 — flotor superior; *2* — flotor inferior; *3* — întrerupător magnetic superior; *4* — pastilă magnetică superioară; *5* — pastilă magnetică inferioară; *6* — întrerupător magnetic inferior; *7* — clapetă; *8* — placă intermediară; *9* — magnet; *10* — borne.

scopul evitării pericolului unor acționări neselective provocate de curenți de scurtcircuit apăruți în urma unor defecte exterioare. În practică s-a constatat că astfel de defecte pot provoca în transformator puternice fluxuri de ulei ejaculate către conservator.

În legătură cu echipajul mobil inferior trebuie remarcat că, pe lîngă funcția de a acționa și produce declanșarea alimentării transformatorului la apariția unor defecte interne grave, acesta mai are și rolul de a pune în evidență și scăderea nivelului de ulei din transformator ca urmare a unor neetanșeități.

Această dublă funcționare a echipajului inferior al releelor de gaze este considerată de autori ca fiind o deficiență, și nu o calitate, afirmîndu-se, pe bună dreptate, că scurgerile de ulei nu trebuie să ducă la deconectarea intempestivă a transformatorului, ci doar la semnalizare.

Din cauza arătată, unele construcții mai recente de relee de gaze (de exemplu releul sovietic PG—54) sînt prevăzute cu trei elemente de lucru, și anume : elementul superior de semnalizare care lucrează la o acumulare de gaze de minimum 300 cm^3, elementul median, tot cu rol de semnalizare, care lucrează la scăderea nivelului de ulei din transformator ca urmare a unor neetanșeități, și elementul inferior, reprezentat doar printr-o paletă mobilă în legătură cu un întrerupător capsulat și care este menținută în poziția de așteptare printr-un resort.

Sensibilitatea releului depinde de gradul de tensionare al resortului și se reglează modificînd suprafața activă a paletei.

În continuare sînt prezentate cîteva tipuri deosebite de relee de gaze.

Figurile 7, 8 și 9 reprezintă tipul de relee cu care firma AEG echipează transformatoarele de fabricație proprie. Spre deosebire de tipurile clasice, în cazul de față flotoarele se mișcă pe verticală alunecînd pe un suport-ghidaj.

În principiu, releul este compus dintr-o carcasă pe al cărui capac *1* este fixat un suport de ghidaj *2*, realizat din bara cu secțiunea în formă de T și pe care sînt montate două în-

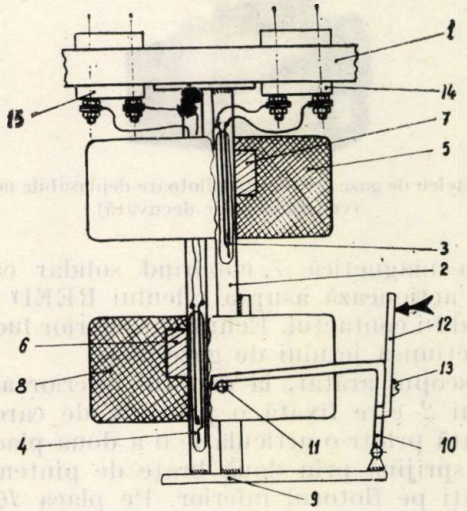


Fig. 7. Releu de gaze cu flotare deplasabile pe ghidaj (fabricație AEG).

trerupătoare cu acționare magnetică (de tip REED) *3* și *4*.

Pe suportul de ghidaj alunecă două flotoare *5* și *6*, pe care sînt fixate pastilele magnetice

7 și 8, prin care se acționează asupra contactelor întrerupătoarelor capsulate 3—4. Flotoarele sînt realizate din material plastic. Flotorul superior lucrează la acumulări lente de gaze, cînd în urma coborîrii nivelului de ulei,

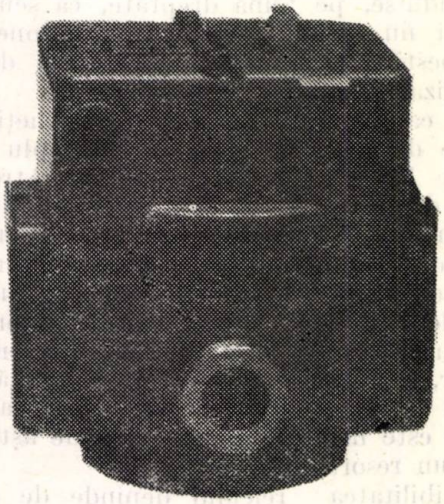


Fig. 8. Releu de gaze prevăzut cu flotoare deplasabile pe ghidaj (vedere generală).

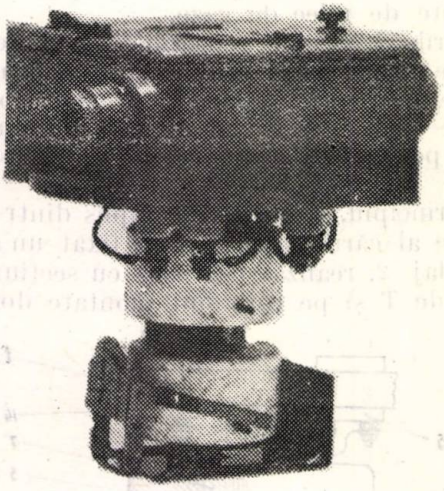


Fig. 9. Releu de gaze prevăzut cu flotoare deplasabile pe ghidaj (vedere în stare decuvată).

pastila magnetică 7, coborînd solidar cu flotorul, acționează asupra releului REED 3, închizîndu-i contactul. Echipajul inferior lucrează sub acțiunea jetului de gaze-ulei.

În scopul arătat, la capătul inferior al ghidajului 2 este fixată o placă 9, de care este montată printr-o articulație o a doua placă 10, ce se sprijină prin două brațe de pintenii 11, montați pe flotorul inferior. Pe placa 10 este fixată o paletă 12, ce se poate deplasa în sus sau în jos în scopul variației suprafeței active, fapt realizabil cu ajutorul unui șurub 13 și al unui canal longitudinal practicat în paletă. La acțiunea jetului de gaze, paleta 12, prin intermediul brațelor plăcii 10, acționează asupra pintenilor 11, determinînd coborîrea flotorului 6, care, prin pastila magnetică 8, acționează asupra contactului releului REED 4, închizîndu-l. Echipajul inferior lucrează și la scăderea nivelului de ulei din conservator.

De menționat că acest sistem este utilizat în tehnică și la semnalizatoarele de nivel.

O construcție interesantă prin soluțiile adoptate o reprezintă releul tip RGCZ—66 de fabricație sovietică, prezentat în fig. 10 și 11,

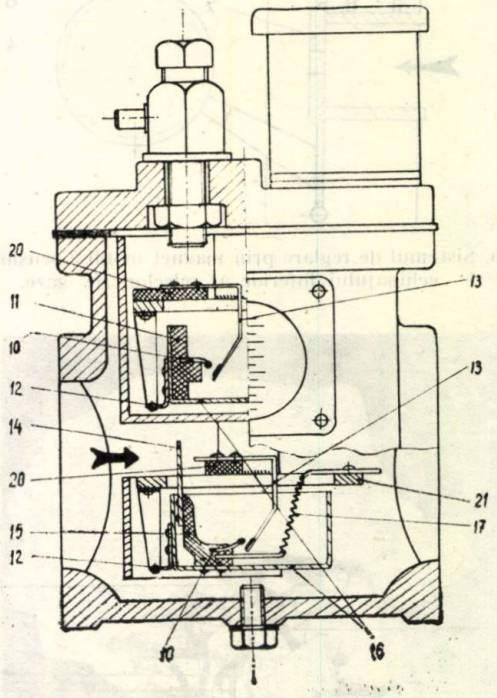


Fig. 10. Releu de gaze cu cupe.

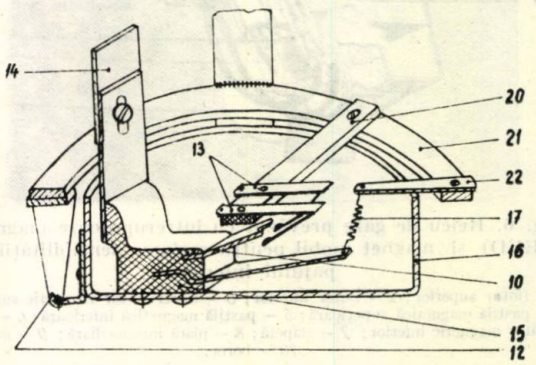


Fig. 11. Echipajul inferior al releului de gaze cu cupe (detaliu).

precum și în fotografiile 12, 13, 14 și cunoscut sub denumirea de „releu de gaze cu cupe".

Elementele de bază ale releului RGCZ—66 sînt constituite din două vase rotunde, metalice, din aluminiu, cu fundul plat, sub forma de cupe — 16, prevăzute cu posibilitatea rotirii în jurul unui ax 12.

În interiorul cupelor există cîte un suport electroizolant 11, respectiv 15, pe care este

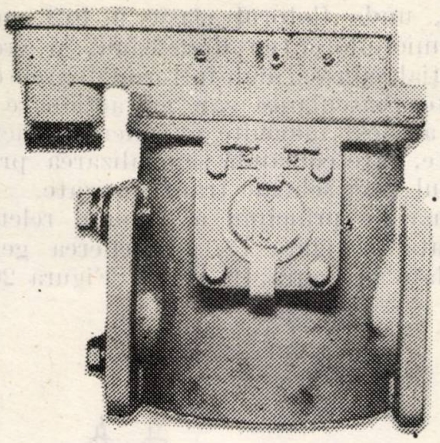


Fig. 12. Releu de gaze cu cupe (vedere generală).

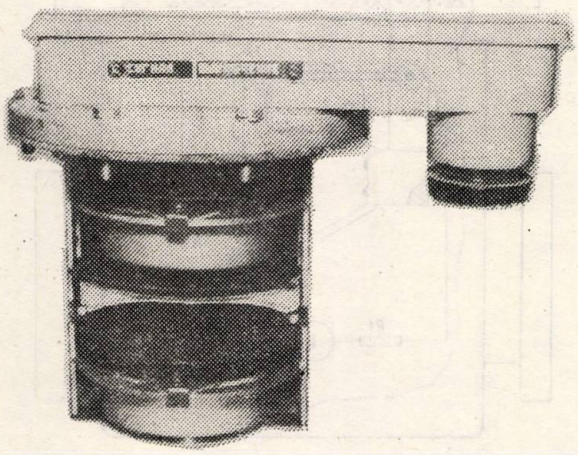


Fig. 13. Releu de gaze cu cupe (vedere în stare decuvată — față).

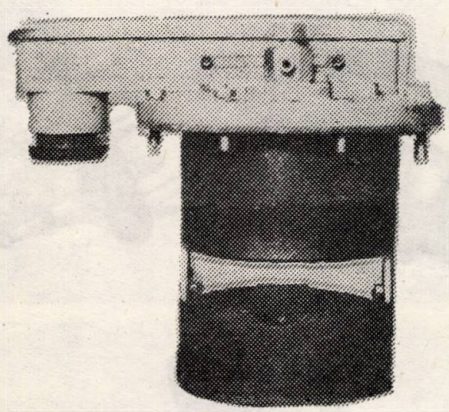


Fig. 14. Releu de gaze cu cupe (vedere în stare decuvată — spate).

fixat un contact mobil *10*, ce se mișcă solidar cu suportul electroizolant și cupa.

Contactul fix *13* este montat pe un alt suport electroizolant, *20*, fixat pe corpul releului prin intermediul unui inel metalic *21*. Cînd corpul releului este complet umplut cu ulei, cele două cupe sînt trase în sus sub acțiunea resoartelor *17* și înclinate față de poziția naturală cu 5—10°, fapt ce determină separarea contactelor fixe și mobile.

Cînd nivelul uleiului din releu scade (fie datorită acumulărilor de gaze, fie scurgerilor de ulei), datorită dispariției forței lui Arhimede, se produce coborîrea cupelor sub acțiunea greutății uleiului reținut în acestea și închiderea contactelor, în care caz arcurile posibile ce apar la comutație sînt separate de atmosfera de gaz inflamabil prin uleiul reținut în cupe (contactele fixe și mobile sînt plasate în interiorul cupelor).

Cupa inferioară poate fi înclinată și sub acțiunea jetului de gaze și ulei, care, acționînd asupra paletei *14*, învinge forța antagonistă a resortului *17*, determinînd închiderea contactelor.

Înclinarea cupei *14* se produce și la scăderea nivelului de ulei din conservator, după modalitatea descrisă.

Avantajul acestui tip de releu constă în faptul că elimină folosirea flotoarelor, a căror execuție este destul de pretențioasă, mai ales în cazul flotoarelor metalice; de asemenea elimină necesitatea utilizării întrerupătoarelor capsulate, a căror execuție prezintă unele dificultăți.

În categoria releelor fără flotor poate fi considerat și tipul prezentat în figurile 15, 16 și 17, cunoscut în literatură sub denumirea

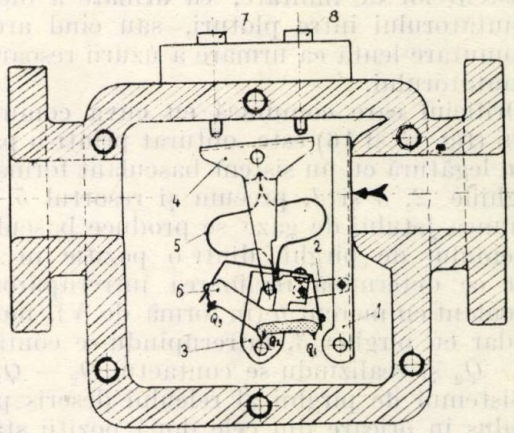


Fig. 15. Releu de presiune.

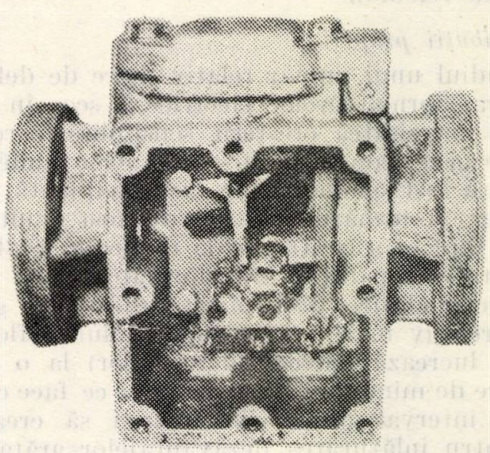


Fig. 16. Releu de presiune (vedere interioară).

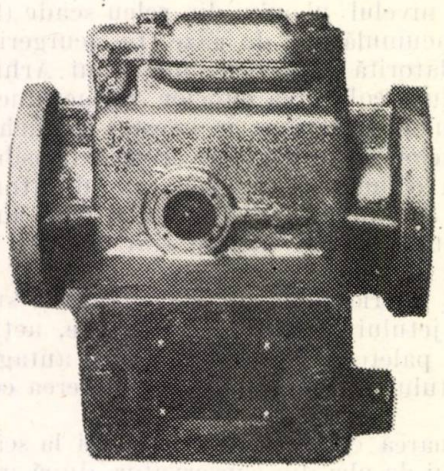


Fig. 17. Releu de presiune (vedere exterioară).

de „releu de presiune". Releul este montat pe conducta de legătură dintre cuva comutatorului (pentru reglajul sub sarcină al tensiunii transformatorului) și conservator și semnalizează formarea unui curent violent de gaze și ulei provocat de : apariția unor arcuri electrice la operația de comutare ca urmare a uzurii accentuate a contactelor, la apariția fenomenului de recul la contacte, cînd se produce arderea rezistențelor de limitare, ca urmare a blocării comutatorului între ploturi, sau cînd are loc o comutare lentă ca urmare a uzurii resoartelor comutatorului.

Orificiul care comunică cu cuva comutatorului (fig. 15 și 16) este obturat printr-o paletă *1*, în legătură cu un sistem basculant format de pîrghiile *2*, *3* și *4*, precum și resortul *5*. Sub acțiunea jetului de gaze se produce bascularea sistemului de pîrghii dintr-o poziție în alta, fapt ce determină înclinarea întrerupătorului basculant cu mercur *6* (în formă de V), montat solidar cu pîrghia *3*, întrerupîndu-se contactul $Q_1 - Q_2$ și realizîndu-se contactul $Q_2 - Q_3$.

Sistemul de pîrghii al releului descris poate fi adus în oricare din cele două poziții stabile prin acțiunea butoanelor *7* și *8*, montate pe carcasa releului.

Contribuții proprii

Studiul unui număr relativ mare de defecte ale transformatoarelor electrice a scos în evidență necesitatea creșterii sensibilității releului de gaze, constatîndu-se că, acolo unde defectul a fost semnalizat în faza incipientă, amploarea și urmările avariei au fost mult reduse, fapt ce a contribuit la reducerea costului și duratei reparației transformatoarelor.

Releele clasice, deși robuste, din cauza greutății relativ mari a întrerupătorului și flotoarelor, lucrează (elementul superior) la o acumulare de minimum 300 cm^3, ceea ce face ca în acest interval proporțiile avariei să crească.

Pentru înlăturarea dezavantajelor arătate a fost conceput, la URTAE Roman, un releu original, unde flotorul clasic a fost înlocuit cu un microflotor (cu dimensiuni și greutate substanțial reduse și unde întrerupătoarele clasice protejate (basculante sau cu acționare magnetică) au fost înlocuite cu microcontacte neprotejate, care comandă semnalizarea prin intermediul unei scheme tranzistorizate.

Schema de principiu a noului releu este prezentată în figura 18, iar vederea generală este redată în figura 19 *a* și *b*. Figura 20 per-

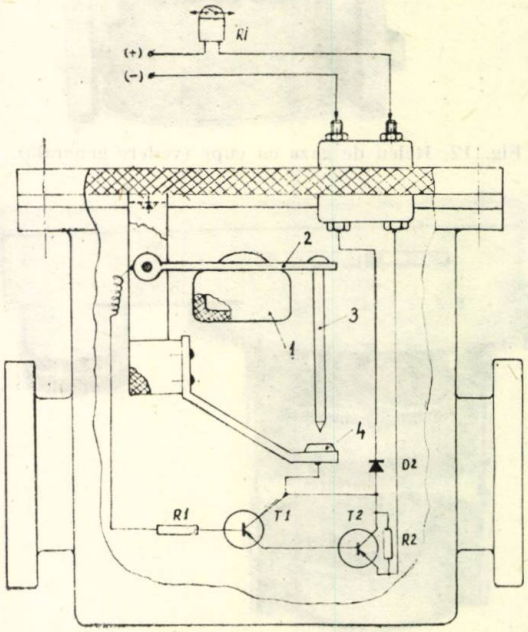


Fig. 18. Releu de gaze tranzistorizat.

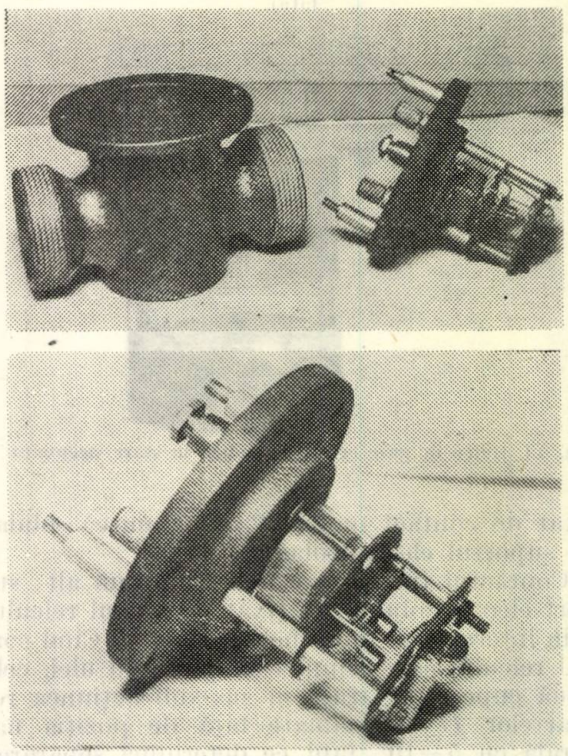


Fig. 19. Releu de gaze tranzistorizat (vedere în stare decuvată).

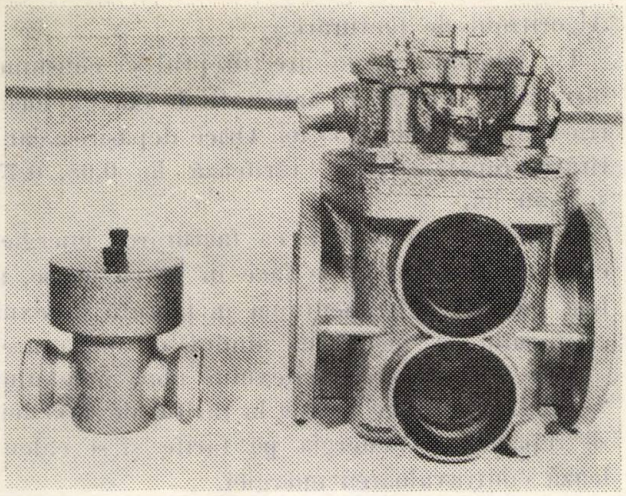


Fig. 20. Comparație între releul de gaze tranzistorizat și un releu de gaze de construcție clasică.

mite o comparație între un releu clasic și un releu tranzistorizat.

Microflotorul *1* (fig. 18), realizat din materiale plastice, este montat pe o pîrghie *2*, articulată la capăt într-un suport montat pe capacul releului și avînd la celălalt capăt un contact mobil *3*, care, la coborîrea nivelului de ulei, coboară odată cu sistemul pîrghie-microflotor, atingînd contactul fix *4*. Contactele *3* și *4* sînt cuplate prin intermediul unei rezistențe limitatoare R_1 la bornele de intrare ale schemei tranzistorizate.

Schema tranzistorizată este formată din două tranzistoare $T1$ și $T2$, cuplate după montajul Darlington. În circuitul de colector al tranzistorului $T2$ este înseriat releul intermediar de semnalizare plasat în camera de comandă. Dioda $D2$ servește pentru protecția schemei împotriva alimentării inverse, iar împreună cu rezistența $R2$ protejează tranzistoarele împotriva supratensiunilor inverse de comutație.

Contactele *3* și *4* sînt necapsulate, pentru că apariția unui arc electric între ele este exclusă din următoarele motive : contactele sînt plasate în circuitul colector — bază al tranzistorului $T1$ prin intermediul unei rezistențe de limitare ce reduce curentul comutat la o valoare de maximum 1 mA. La tensiunea de 24 V și curenți de 1 mA, apariția arcului electric este exclusă.

Contactul *2* are o astfel de lungime, încît atingerea și separarea contactelor *2* și *3* se fac totdeauna sub nivelul uleiului, astfel că eventualele arcuri electrice sînt separate de zona cu gaze inflamabile.

Releul poate fi realizat în baza principiului descris, cu două sau trei elemente de lucru.

Datorită reducerii substanțiale a dimensiunilor și greutății flotorului și întrerupătoarelor, sensibilitatea releului a crescut considerabil.

În felul arătat există posibilitatea semnalizării apariției unui defect în faza incipientă, cînd amploarea și urmările avariei pot fi reduse.

Un alt avantaj îl constituie reducerea dimensiunilor de gabarit (vezi fig. 20), fapt ce implică și reduceri de materiale.

Bibliografie

[1] * * * *Brevet R.S.R. nr. 54676.*

[2] * * * *Brevet R.S.R. nr. 66196.*

[3] * * * *Prospectul firmei VEB Elecktrotechnik und Gerätebau Magdeburg.*

[4] Jezierski, E. și col. *Transformatoare electrice.*

[5] Farbman, S. A. și Bun, A. M. *Repararea și modernizarea transformatoarelor.*

[6] Bodea, I. și col. *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice.*

[7] Vezeanu, P. *Măsurarea nivelului în tehnică.*

[8] Hudiakov, Z. I. *Remont transformatorov.*

(Articol intrat în redacție la 21 august 1979)

Utilizarea mașinilor de medie mecanizare din dotarea I.R.E. Iași, în activitatea de facturare a energiei electrice la consumatorii casnici

Matem. E. Asandului*)

În conformitate cu Decretul nr. 283/1979, privind stabilirea unor măsuri pentru gospodărirea judicioasă și reducerea consumului de energie electrică pentru consumatorii casnici, s-au stabilit patru tarife progresive.

Calcularea manuală a contravalorii consumului de energie electrică în noile condiții ridică probleme legate de creșterea numărului de personal antrenat în această activitate.

Faptul că la IRE Iași se găsesc în dotare mașini de facturat-contabilizat tip FELIX-30 de capacitate mică și pentru a elimina creșterea volumului de muncă enunțat mai sus, s-a trecut la elaborarea unui program pentru facturarea consumului de energie electrică la consumatorii casnici pe acest tip de mașini.

S-a plecat de la faptul că mașina electronică de facturat-contabilizat FELIX-30 este de capacitate mică (16 memorii) și nu poate să execute decît operațiile aritmetice de adunare, scădere, înmulțire, operații de acumulare în memorii și testarea memoriilor (dacă sînt pozitive, negative sau zero).

Numărul instrucțiunilor ce pot fi cablate este redus, de asemenea și capacitatea de programare este mică — aproximativ 150 de instrucțiuni — repartizate într-un număr de linii de program.

Selectarea unei linii se face printr-o combinație dintre o tastă și o valoare de camă. Există un număr de 7 taste-program, 9 taste selectoare și 7 valori de camă (1—7).

Problema care rezolvă programul propus se referă la facturarea energiei electrice conform decretului amintit.

*) Matem. Emil Asandului este șeful Oficiului de calcul din IRE Iași.

Algoritmul de facturare

Un abonat casnic are dreptul să consume într-un an o anumită cantitate de energie electrică la tariful de 0,55 lei. Orice depășire a cantității repartizate se tarifează la 0,65, 0,75 și 0,90 lei.

Avîndu-se în vedere că facturarea energiei electrice într-un an se face în patru etape, a fost necesar a se menționa în factură indexul contorului la începutul anului de facturare.

Prin introducerea indexului nou, indexului vechi și a cotei ce revine la tariful de 0,55 lei, se repartizează energia pe tarife și se calculează contravaloarea energiei.

De asemenea se însumează energia pe toate coloanele (0,55, 0,65, 0,75 și 0,90) și contravaloarea facturilor, existînd posibilitatea de a reda acest total ori de cîte ori este necesar.

Schema logică după care a fost întocmit acest program se prezintă conform anexei.

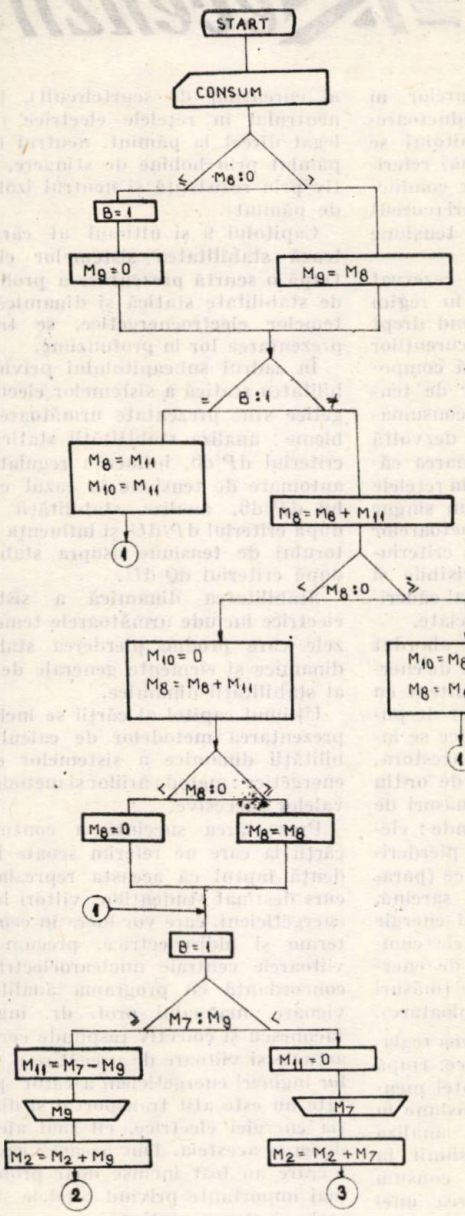
În schemă s-au utilizat următoarele notații :

I1 = index nou
I2 = index vechi
I3 = index început an facturare
M1 = ΣkWh
M2 = Σ kWh (0,55)
M3 = Σ kWh (0,65)
M4 = Σ kWh (0,75)
M5 = Σ kWh (0,90)
M6 = Σ kWh (c/v)
M7, M8, M9, M10, M11 — variabile de lucru
M12, M13, M14 — variabile cu date referitoare la energia facturată la tariful de 0,65 lei
M15 = 0,55
M16 = 0,65
M17 = 0,90
C1 = cantitatea de energie facturată la 0,55 lei
C2 = cantitatea de energie facturată la 0,65 lei
B, X — variabile ce iau valoarea 1 dacă selectorii B și respectiv X sînt activați.

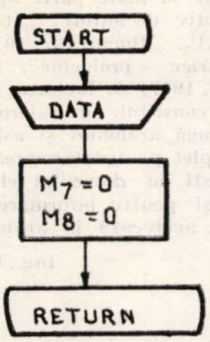
Concluzii

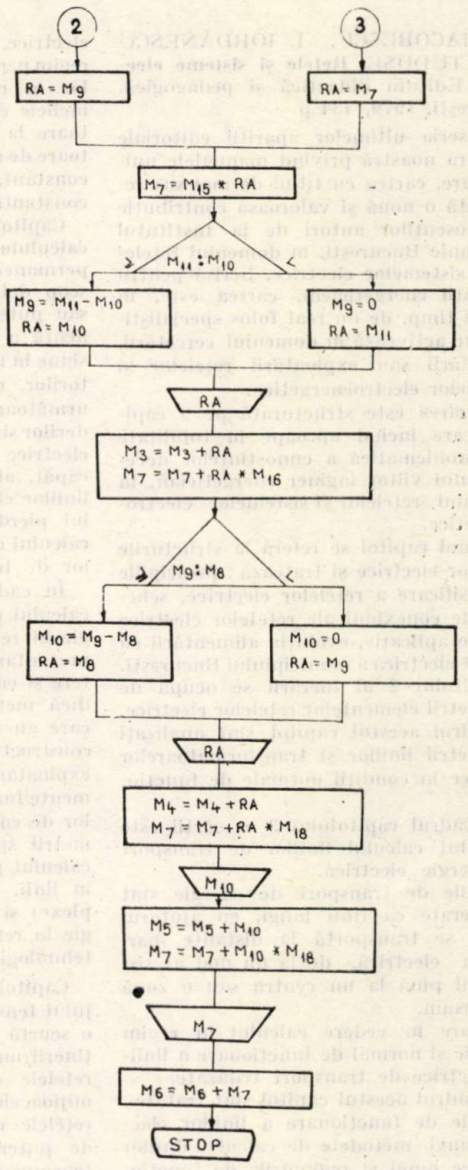
Utilizarea mașinilor de facturat-contabilizat FELIX-FC-30 permite întocmirea rapidă, exactă a facturilor pentru consumatorii casnici. De asemenea, se poate centraliza energia, lucru ce permite ca, în timp util, să se cunoască consumul de energie electrică al consumatorilor casnici.

Schema logică a programului principal

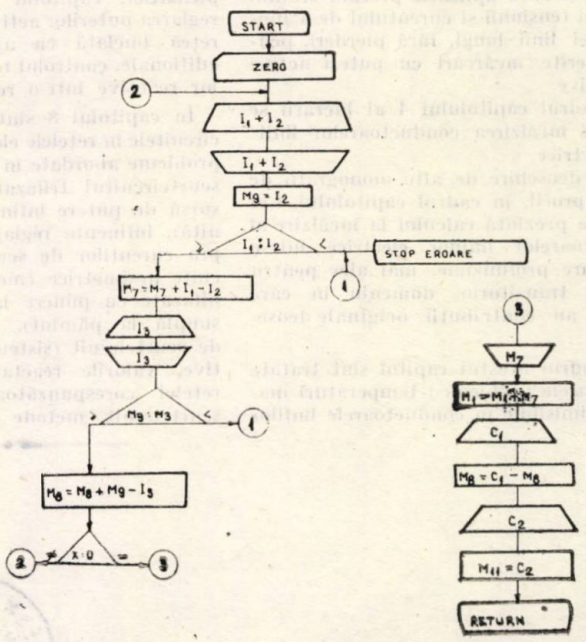


Schema logică a subrutinei zero





Schema logică a subrutinei consum



Recenzii

GH. IACOBESCU, I. IORDĂNESCU și M. TUDOSE, **Rețele și sisteme electrice.** Editura didactică și pedagogică, București, 1979, 434 p.

În seria ultimelor apariții editoriale din țara noastră privind manualele universitare, cartea cu titlul de mai sus reprezintă o nouă și valoroasă contribuție a cunoscuților autori de la Institutul politehnic București, în domeniul rețelelor și sistemelor electrice. Scrisă pentru studenții energeticieni, cartea este, în același timp, de un real folos specialiștilor care activează în domeniul cercetării, proiectării sau exploatării rețelelor și sistemelor electroenergetice.

Lucrarea este structurată pe 9 capitole, care includ aproape în totalitate aria problematică a cunoștințelor necesare unui viitor inginer energetician, în domeniul rețelelor și sistemelor electroenergetice.

Primul capitol se referă la structurile rețelelor electrice și tratează : principiile de clasificare a rețelelor electrice, schemele de conexiuni ale rețelelor electrice și, ca o aplicație, evoluția alimentării cu energie electrică a municipiului București.

Capitolul 2 al lucrării se ocupă de parametrii elementelor rețelelor electrice. În cadrul acestui capitol sînt analizați parametrii liniilor și transformatoarelor electrice în condiții normale de funcționare.

În cadrul capitolului 3 al cărții este prezentat calculul liniilor de transport de energie electrică.

Liniile de transport de energie sînt considerate ca linii lungi, cu ajutorul cărora se transportă la distanțe mari energia electrică, de la un nod al sistemului pînă la un centru sau o zonă de consum.

Se are în vedere calculul în regim simetric și normal de funcționare a liniilor electrice de transport trifazate.

În cadrul acestui capitol sînt tratate : ecuațiile de funcționare a liniilor electrice lungi, metodele de calcul al liniilor electrice lungi și regimurile de funcționare a liniilor electrice lungi. Capitolul se încheie cu o aplicație privind studiul variației tensiunii și curentului de-a lungul unei linii lungi, fără pierderi, pentru diferite încărcări cu puteri active și reactive.

În cadrul capitolului 4 al lucrării se prezintă încălzirea conductoarelor liniilor electrice.

Spre deosebire de alte monografii de același profil, în cadrul capitolului 4 al cărții se prezintă calculul la încălzire al conductoarelor liniilor electrice într-o mai mare profunzime, mai ales pentru regimul tranzitoriu, domeniu în care autorii au contribuții originale deosebite.

În cadrul acestui capitol sînt tratate următoarele probleme : temperaturi maxime admisibile în conductoarele liniilor electrice, încălzirea conductoarelor în regim permanent și încălzirea conductoarelor în regim tranzitoriu. Capitolul se încheie cu o aplicație (problemă) referitoare la studiul încălzirii unor conductoare de cupru în diverse regimuri (curent constant, pierderi constante și tensiune constantă).

Capitolul 5 al lucrării este rezervat calculului electric al rețelelor în regim permanent de funcționare. Avînd drept scop determinarea circulației curenților sau puterilor în fiecare ramură componentă a rețelelor, a variațiilor de tensiune în nodurile de racordare a consumatorilor, capitolul 5 al lucrării dezvoltă următoarea tematică : determinarea căderilor și pierderilor de tensiune în rețelele electrice cu alimentare de la un singur capăt, alegerea secțiunii conductoarelor liniilor electrice radiale pe baza criteriului pierderii de tensiune admisibile și calculul circulației de curenți și al căderilor de tensiune în rețelele buclate.

În cadrul capitolului 6 este abordat calculul pierderilor de putere și de energie în rețelele electrice. Concomitent cu prezentarea calculului pierderilor de putere și energie în rețelele electrice se indică metodele de reducere a acestora, care au în vedere atît măsuri de ordin constructiv, tehnologic, cît și măsuri de exploatare. Acest capitol cuprinde : elemente fundamentale de calcul al pierderilor de energie în rețelele electrice (parametrii specifici ai curbelor de sarcină, calculul pierderilor de putere și energie în linii, transformatoare și rețele complexe) și reducerea pierderilor de energie în rețele și sisteme electrice (măsuri tehnologice și măsuri de exploatare).

Capitolul 7 se ocupă de problema reglajului tensiunii în rețelele electrice. După o scurtă prezentare a importanței menținerii unui anumit nivel de tensiune în rețelele electrice, se trece la analiza mijloacelor de reglare a tensiunii în rețelele electrice : injecție sau consum de putere reactivă, introducerea unei tensiuni adiționale și modificarea parametrilor rețelei. În cadrul aceleiași problematici, capitolul 7 mai cuprinde : reglarea puterilor active și reactive într-o rețea buclată cu ajutorul tensiunilor adiționale, controlul tensiunilor și puterilor reactive într-o rețea.

În capitolul 8 sînt prezentate scurtcircuitele în rețelele electrice. Principalele probleme abordate în acest capitol sînt : scurtcircuitul trifazat (alimentat de o sursă de putere infinită și respectiv finită), influența reglajului automat asupra curenților de scurtcircuit, scurtcircuite nesimetrice (monofazate, bifazate, bifazate cu punere la pămînt, punerea simplă la pămînt), calculul curenților de scurtcircuit (sistemul unităților relative, valorile reactanțelor elementelor rețelei corespunzătoare curenților de scurtcircuit, metode practice de calcul al curenților de scurtcircuit), tratarea neutrului în rețelele electrice (neutrul legat direct la pămînt, neutrul legat la pămînt prin bobine de stingere, respectiv prin rezistență și neutrul izolat față de pămînt).

Capitolul 9 și ultimul al cărții tratează stabilitatea sistemelor electrice. După o scurtă prezentare a problemelor de stabilitate statică și dinamică a sistemelor electroenergetice, se trece la prezentarea lor în profunzime.

În cadrul subcapitolului privind stabilitatea statică a sistemelor electroenergetice sînt prezentate următoarele probleme : analiza stabilității statice după criteriul $dP/d\theta$, influența regulatoarelor automate de tensiune în cazul criteriului $dP/d\theta$, analiza stabilității statice după criteriul dP/dU și influența regulatorului de tensiune asupra stabilității, după criteriul dQ/dU.

Stabilitatea dinamică a sistemelor electrice include următoarele teme : cauzele care produc pierderea stabilității dinamice și elemente generale de calcul al stabilității dinamice.

Ultimul capitol al cărții se încheie cu prezentarea metodelor de calcul al stabilității dinamice a sistemelor electroenergetice : metoda ariilor și metoda intervalelor succesive.

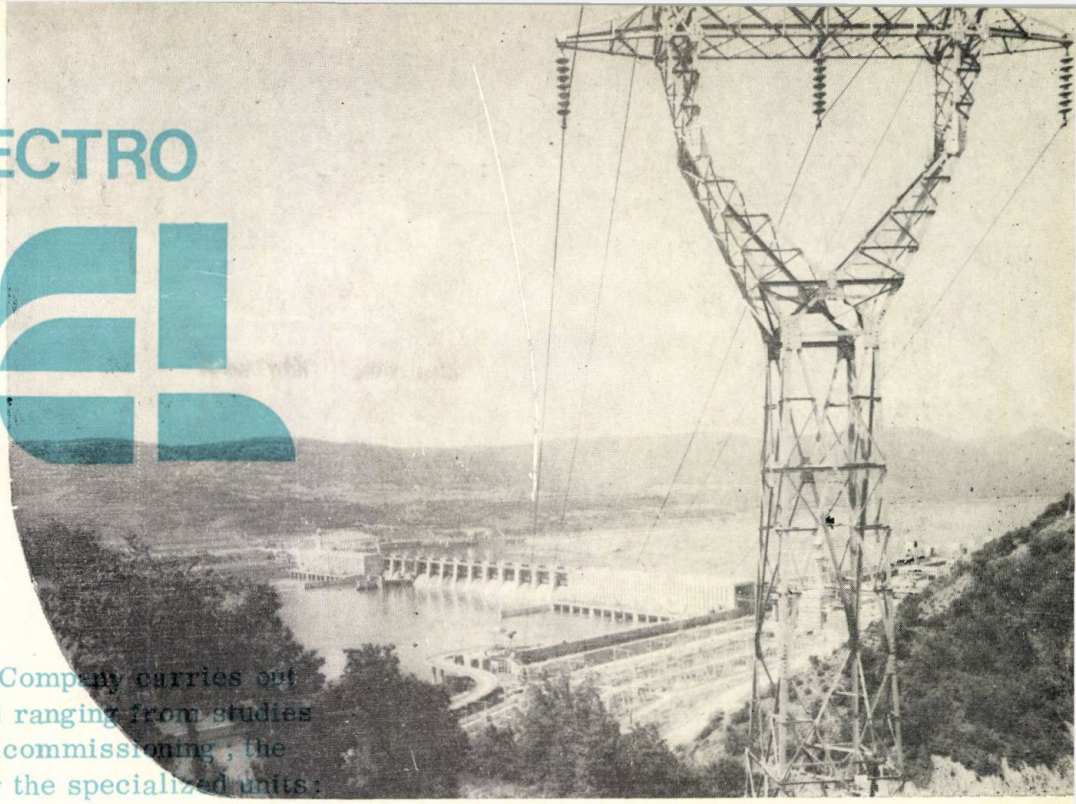
Prezentarea succintă a conținutului cărții la care ne referim scoate în evidență faptul că aceasta reprezintă un curs destinat studenților, viitori ingineri energeticieni, care vor lucra în centralele termo și hidroelectrice, precum și în viitoarele centrale nuclearoelectrice. În concordanță cu programa analitică în vigoare, manualul prof. dr. ing. Gh. Iacobescu și colectiv răspunde cerințelor actuale și viitoare de pregătire a viitorilor ingineri energeticieni a căror specialitate nu este atît transportul și distribuția energiei electrice, cît mai ales producerea acesteia. Din această cauză, în lucrare au fost incluse doar problemele mai importante privind rețelele și sistemele electroenergetice.

Tratarea sistemică, clară și ordonată a materialului acestei lucrări face din aceasta un valoros manual și pentru studenții electroenergeticieni, ca și pentru specialiștii care activează în sistemul electroenergetic.

În încheiere menționăm că suprapunerea lucrărilor apărute în ultimii ani (datorate în mare parte aproape aceluiași colectiv de autori : „Rețele electrice", E.D.P., București, 1975 și „Rețele electrice — probleme", E. D. P., București, 1977) cu lucrarea la care ne referim constituie un valoros ciclu, care se conjugă armonios și asigură un cadru complet pentru formarea viitorilor specialiști în domeniul electroenergeticii, ca și pentru informarea specialiștilor care activează în același domeniu.

Ing. **Romulus Sfichi**

ROMELECTRO



ROMELECTRO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning ; the services are performed by the specialized units :

ISPE - The Power Study and Design Institute :

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust ;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

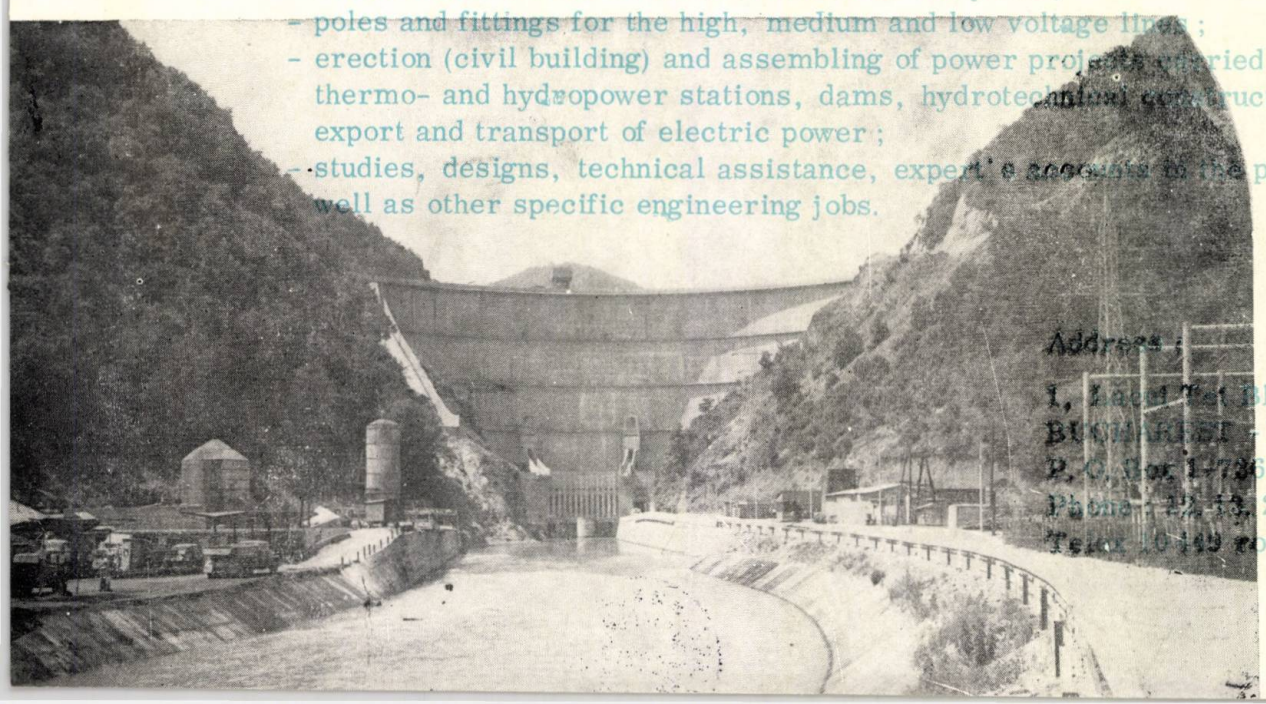
CIRE - The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research and Modernization Institute ;

ICMP - The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMELECTRO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions etc. , export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.



Address :

I, Lacul Tei Blvd
BUCHAREST - ROMANIA ;
P.O. Box 1-736
Phone : 12.13.26-12.05.51
Telex : 10149 roel r.

1980 OKT 27

E 2039

MW

7

BIBLIOTECA

VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
IULIE — 1980

energetica

0 6 12 18 24

ISPH

Institut d'études et projets hydro-énergétique

29, Bd. Republicii, Bucarest Roumanie ; tél: 14 72 70 ; télex 11—443 i.s.p.h.

Schémas et projets pour l'aménagement des bassins versants

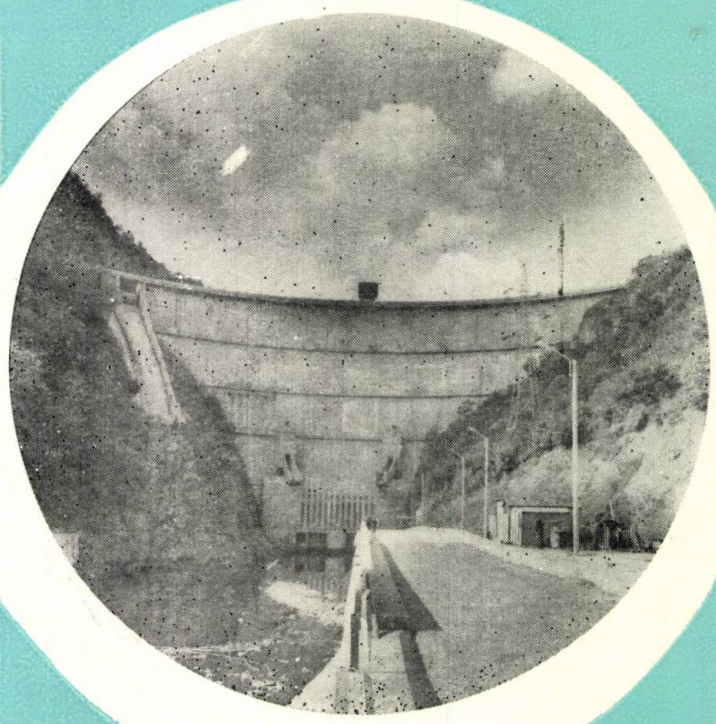
- aménagements hydro-électriques
- aménagements hydrauliques à buts multiples
- constructions hydrauliques spéciales

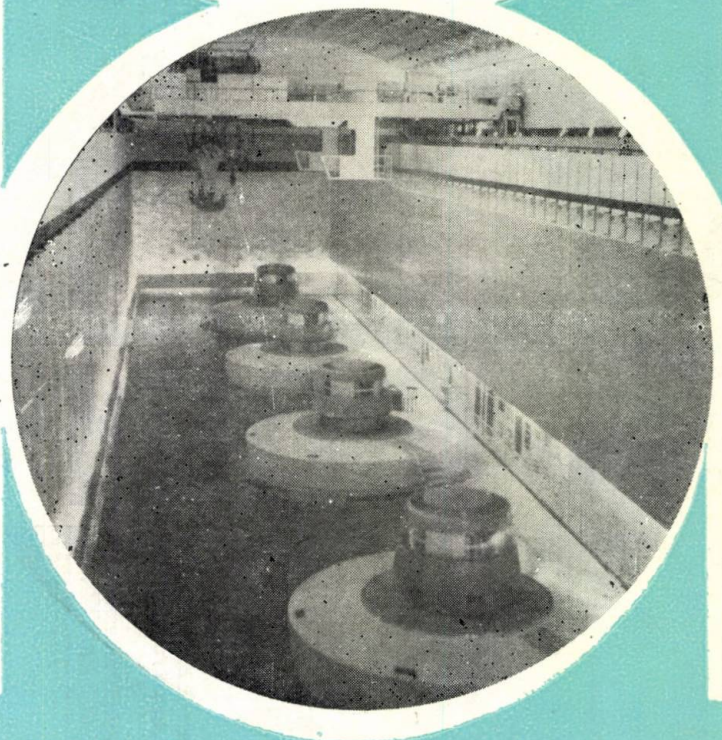
Activités spécialisées

- études hydrologiques et hydrogéologiques
- géologie d'engineering
- exploration géotechniques, geophysiques et mécaniques des sols et des roches
- travaux topographiques

Services spécialisées

- études préliminaires
- avant-projets
- détails d'exécution
- documentations pour appels d'offres et marchés de travaux
- inspections et supervisions
- expertises





ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 7 iulie

Cuprinsul

		Pag.
Elena Gatman şi Elena Antoniu	**Calitatea cărbunelui din bazinul Oltenia-nord, factor determinant în asigurarea siguranţei în exploatare a instalaţiilor termoenergetice**	253—259
I. Hubert şi A. Leca	**Intensificarea transferului de căldură prin folosirea ţevilor cu nervuri joase la schimbătoarele de căldură tubulare**	260—265
W. Gooss	**Capacitatea de dezaerare — criteriu nou în aprecierea calităţii uleiurilor de turbină**	266—269
M. Babescu şi I. Novac	**Performanţele generatorului asincron dintr-o microcentrală cuplată la sistemul energetic**	269—273
A. Cristovici	**Posibilităţi şi căi de utilizare a calculatoarelor de proces pentru automatizări de sistem în sistemele energetice**	274—277
P. Buhuş şi Gh. Comănescu	**Stabilirea secţiunilor economice pentru liniile electrice de distribuţie, în ipoteza unor creşteri în timp ale sarcinii şi ale costului specific al consumurilor tehnologice de energie**	277—288
Em. Cocoş	**Consideraţii privind dimensionarea filtrelor absorbante**	289—297
Al. Tofan, N. Sufleţel, I. Antonescu, M. Tomniuc şi St. Ivăşcan	**Dispozitiv pentru semnalizarea încălzirilor excesive în elemele instalaţiilor electrice de înaltă tensiune**	297—303
Alex. Forje, V. Stratulat, Iulia Forje, I. Bogdan, Fl. Andreescu, R. Iovănaş, V. Luca, C. Şerban, Manuela Chindea şi B. Bednar	**Criterii optimale privind procesul de tratament termic al sudurilor, avînd în vedere eficienţa energetică şi precizia controlului temperaturii**	303—307

RECENZII

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului științifie al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 662.62 :621.311.22/23 :621.3.019.3

Е. Гатман и *Е. Антониу:* **Качество угля бассейна Олтения-Норд — определяющий фактор в обеспечении надежности в эксплуатации теплоэнергетических установок**

Статья представляет химические исследования относительно некоторых критериев, определяющих качество низкокачесовенного стоплива, энергетические характеристики, петрографический состав и характеристики помола.

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 253—259

ДК 621.3.046.2 :662.046.2

И. Хуберт и *А. Лека:* **Интенсификация теплопередачи путем использования труб с низкими ребрами на трубчатых теплообменниках**

Представляются отношения расчета теплоперехода и потерь давления для стальных труб с низкими ребрами, полученными экспериментальными определениями.

Рассматривается эффект отложений, связанный с возможностями интенсификации теплоперехода путем использования низких ребер, своевременность использования труб с низкими ребрами и область их применения.

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 260—265

ДК 721.165 :621.892

В. Гоосс: **Способность деаэрации — новый критерий в оценке качества турбинного масла**

Описывается тест достижений, способный выделить дисперсию воздуха в масле, которая образуется во время эксплуатации присадочных масел.

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 266—269

ДК 621.311.161 :621.313.332

М. Бабеску и *И. Новак:* **Достижения асинхронного генератора на микростанции, подсоединенной к экектрической системе**

Представляется расчет достижений асинхронной машины с ротором, соединенным на совокупность мутаторов, выпрямителей-преобразователей в целях использования как асинхронный генератор напряжения и частоты.

Energetica (280), № 7, стр. 269—273

ДК 621.311.161 :621.3.52 681.177

А. Кристович: **Возможности и пути использования процессных вычислительных машин для системной автоматизации в энергетической системе**

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 274—277

ДК 621.316.1.66.012.3

П. Бухуш и *Г. Комэнеску:* **Установление экономических секций для электрических распределительных сетей при гипотезе повышения и во времени нагрузки и удельной стоимости технологического потребления энергии**

Предлагается метод оригинального характера при условиях минимизации общих актуализированных затрат, предлагается возможность учета этих двух динамик глобально или, соответственно, отдельно.

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 277—288

ДК 621.318.72

Эм. Кокош: **Соображения касающиеся размерности фильтров-поглотителей (абсорбентов)**

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 289—297

ДК 621.315.1.002.5

Ал. Тофан, Н. Д. Суфлецел, И. Антонеску, М. Томнюк и *Шт. Ивэшкан:* **Приспособление для сигнализации чрезмерного обогревания в клеммах электрических установок высокого напряжения**

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 297—303

ДК 621.78:621.791.052

А. Форже, В. Стратулат и т.д.: **Оптимизация критериев относительно процесса тепловой обработки сварки, имея в виду энергетическую эффективность и точность проверки температуры**

Представляется процесс и подвижная установка тепловой обработки с резисторами и программой-управления, реализованной в ИЧЕМЭНЕРГ-Бухарест, которая может производить и автоматически наблюдать за циклом программированной тепловой обработки вместе с усовершенстованиями, произведенными в дальнейшем при сотрудничестве с Университетом из Брашова.

Energetica 28 (1980), № 7, стр. 303—307

INHALTSVERZEICHNIS

DK 662.62:621.311.22/23 : 621.3.019.3

E. Gatman und *E. Antoniu* : **Die Qualität der Kohle aus dem Norden Olteniens — ein bestimmender Faktor für die Betriebssicherheit der Wärmeanlagen**

Der Artikel ist ein chemisches Studium über einige Kriterien zur Bestimmung der Qualität minderwertiger Brennstoffen, der energiewirtschaftlichen Kennwerte, der Gesteinsanteile und der Mahlkennwerte.

Energetica 28 (1980), H. 7, S. 253—259

DK 621.3.046.2 : 662 046.2

I. Hubert und *A. Leca* : **Die Intensivierung des Wärmeaustausches durch die Anwendung von Tiefrippenrohren bei Rohrwärmeaustauschern**

Es werden die experimentell bestimmten Gleichungen für die Berechnung des Wärmeaustausches und der Druckverluste für die Tiefrippenrohren angegeben. In Verbindung mit den Intensivierungsmöglichkeiten des Wärmeaustausches durch die Anwendung von Tiefrippenrohren werden die Auswirkung der Ablagerungen und die Anwendungsratsamkeit dieser Tiefrippenrohren besprochen.

Energetica 28 (19789), H. 7., S. 260—265

DK 621.165 : 621.892

W. Gooss : **Die Entlüftbarkeit — ein neues Kriterium zur Beurteilung der Qualität von Turbinenölen**

Es wird ein Leistungstest beschrieben, der die Feststellung der während der Anwendung additivierter Turbinenölen aufgetretenen Luftdispersionen in Öl ermöglicht.

Energetica 28 (1980), H. 7. S. 266—269

DK 631.311.161 :621.313.332

M. Babescu und *I. Novac:* **Die Leistungen des asynchronen Generators eines an das Energiesystem verbundenen Mikrokraftwerks**

Es wird die Berechnung der Leistungen der asynchronen Maschine mit dem Rotor an einem Mutatorblock verbunden, gezeigt, mit dem Zweck ihrer Anwendung als Asynchrongenerator in einem an einem Spannungs-und Frequenznetz gegebener Werte verbundenen Mikrokraftwerk.

Enengetica 28 (1980), H. 7, S. 269—273

DC 621.311.161 : 621.3.52:681.177

A. Cristovici : **Anwendungs-Möglichkeiten und -Arten der Prozessrechnern für Systemautomatisierung der Energiesysteme**

Energetica 28 (1980), H. 7, S. 274—277

DK 621.316.1 : 66.012.3

P. Buhuș und *Gh. Comănescu* : **Bestimmung der wirtschaftlichen Abschnitten von elektrischen Verteilungsleitungen für zukünftige Erhöhungen der Last und der spezifischen technologischen Energieverbrauchskosten**

Es wird eine originelle Methode vorgeschlahen, die, unter der Voraussetzung der Verminderung der totalen aktualisierten Kosten, die Möglichkeiten der globalen oder separaten Erachtung dieser zwei Dynamiken bietet.

Energetica 28 (1980), H. 7, S. 277—288

DK 621.318.72

Em. Cocoș : **Betrachtungen über die Dimensionierung der Saugfilter**

Energetica 28 (1980), H. 7, S. 289—297

DK 621.315.1.002.5

Al. Tofan, N. D. Sufletel, I. Antonescu, T. Tomniuc und *St. Ivășcan* : **Eine Vorrichtung zur Signalisierung der übermässigen Erwärmung der Hochspannungsanlagen-Klemmen**

Energetica 28 (1980), H. 7, S. 297—303

DK 621. 78:621. 791.052

A. Forje, V. Stratulat u.a. : **Optimale Kriterien der Wärmebehandlung von Schweissnähten, bezüglich der energiewirtschaftlichen Effektivität und der Präzision der Temperaturkontrolle**

Es werden der Vorgang und die mobile Anlage für Wärmebehandlung ausgerüstet mit Widerständen und Programm-Steuerung vorgeführt. Diese Anlage kann den programmierten Wärmebehandlungszyklus automatisch durchführen und überwachen. Sie wurde im Institut für Forschung und Modernisierung in der Energetik (ICEMENERG) aus Bukarest gebaut und später in Zusammenarbeit mit der Universität aus Brașov perfektioniert.

Energetica 28 (1980), H. 7, S. 303—307

SOMMAIRE

CD 662.62 : 621.311.22/23 : 621.3.019.3

E. Gatman et *E. Antoniu* : **La qualité du charbon du bassin Oltenia-Nord — facteur déterminant pour la sécurité de fonctionnement des installations thermoénergétiques**

L'article étudie, du point de vue chimique, quelques critères qui définissent la qualité des combustibles inférieurs, leurs caractéristiques énergétiques, les composantes pétrographiques, ainsi que les caractéristiques de broyage.

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 253—259

CD 621.3.046.2 : 662.046.2

I. Hubert et *A. Leca* : **Intensification du transfert de chaleur en utilisant les tuyaux à nervures basses pour les échangeurs de chaleur tubulaires**

On présente les relations à l'aide desquelles on estime le transfert de chaleur et les pertes de pression aux tuyaux en acier à nervures basses. Les relations ont été établies expérimentalement. En ce qui concerne les possibilités d'intensifier le transfert de chaleur, on traite de l'effet des dépôts, l'oportunité d'utiliser les tuyaux à nervures basses et le domaine d'application.

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 260—265

CD 621.165 : 621.892

W. Gooss : **La capacité de désaération — nouveau critère à évaluer la qualité des huiles de turbine**

On décrit un test de performance capable de mettre en évidence les dispersions de l'air dans l'huile qui se forment au cours de l'exploitation des huiles additivées de turbine.

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 266—269

CD 621.311.161 :621.313.332

M. Babescu et *I. Novac:* **Performances du générateur asynchrone d'une microcentrale couplée au systéme énergétique**

On présente le calcul des performances de la machine asynchrone à l'induit couplé à un ensemble redresseur-inverteur, en vue de son utilisation en tant que générateur asynchrone dans une microcentrale couplée à un réseau de tension et fréquence données.

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 269—273

CD 621.311.161 : 621.3.52 : 681.177

A. Cristovici : **Possibilités et voies d'utilisation des calculatrices de procès pour les automatisations de système dans les systèmes énergétiques**

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 274—277

CD 621.316.1 : 66.012.3

P. Buhuș et *Gh. Comănescu* : **Méthode à établir les sections économiques des lignes électriques de distribution dans le cas d'accroissement en temps de la charge et du coût spécifique des consommations technologiques d'énergie**

Les auteurs proposent une méthode originale qui offre, dans les conditions de minimisation des dépenses actualisées totales, la possibilité de considérer les deux dynamiques, ensemble ou séparément.

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 277—288

CD 621.318.72

Em. Cocoș : **Considérations concernant le dimensionnement des filtres absorbants**

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 289—297

CD 621.315.1.002.5

Al. Tofan, N. D. Sufletel, I. Antonescu, M. Tomniuc et *St. Ivășcan* : **Dispositif pour la signalisation des chauffages excéssifs dans les selles des installations électriques de haute tension**

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 297—303

CD 621.78 : 621.791.052

A. Forje, V. Stratulat et a. : **Critères optimales concernant le procès de traitement thermique des soudures, en considérant le rendement énergétique et la précision du contrôle de la température**

On présente le procédé et l'installation mobile de traitement thermique à résisteurs et commande-programmée, executée par ICEMENERG — Bucarest, capable à réaliser et à poursuivre automatiquement le cycle de traitement thermique, ainsi que les améliorations faites ultérieurement, en collaboration avec l'Université de Brașov.

Energetica 28 (1980), no. 7, p. 303—307

CONTENTS

DC 662.62 : 621.311.22/23 : 621.3.019.3

E. Gatman and *E. Antoniu* : **The coal quality in the North-Oltenia coal field — a decisive factor for the reliability of thermal-electric facilities**

This paper is a chemical study on some criteria which define the quality of the lignites, their energetic characteristics, the petrographic components as well as the grinding characteristics.

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 253—259

DC 621.3.046.2 : 662.046.2

I. Hubert and A. Leca : **The heat transfer increase by means of the low finned pipes used at the tubular heat exchangers**

The paper deals with the relations by which both the heat transfer and the pressure losses are computed. These relations have been experimentally determined. The effect of the deposits is also pointed out as it is related to the possibilities of getting a more intense heat transfer. The suitability of their use is analysed too as well as the scope of their application.

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 260—265

DC 621.165 : 621.892

W. Gooss : **Deaeration capacity — a new criterion to estimate the turbine oil quality**

A performance test for determining air-oil emulsions occuring during operation with lubricating additivate oils is described.

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 266—269

CD 621.311.161 :621.313.332

M. Babescu and *I. Novac:* **The performances of an asynchronous generator operating in a micropower plant connected to the power system**

The performances calculation of the asynchronous machine with the rotor connected to a reversible rectifier in order to use it as an asynchronous generator in a micropower plant connected to a given voltage and frequency network is presented.

Energetica 28(1980), nr. 7, p. 269—273

DC 621.311.161 : 621.3.52 : 681.177

A. Cristovici : **Possibilities and methods of the process computer utilization for system automations in the power systems**

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 274—277

DC 621.316.1 : 66.012.3

P. Buhuș, and *Gh. Comănescu* : **The economic sections assessment for the electric distribution lines for the future load and technological consumptions cost increases**

An inventive method is proposed, which, under the conditions of the overall cost reduction, gives the possibility of taking into account the two dynamics together or separately.

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 277—288

DC 621.318.72

Em. Cocoș : **On the dimensions of the absorbant filters**

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 289—297

DC 621.315.1.002.5

Al. Tofan, N. D. Sufletel, I. Antonescu, M. Tomniuc and *St. Ivășcan* : **Excessive heating signalling device in the high voltage electrical facilities clamps**

Energetica 28 (1980), nr. 7, p. 297—303

DC 621.78 : 621.791.052

A. Forje, V. Stratulat a.o. : **Optimizing criteria for thermal treatment processes of weldings taking into account the efficiency and the accuracy of the temperature control**

The paper describes the method and the movable, programme-controlled installation for thermal treatment with resistors. The installation is able to perform and monitor the cycle of the chosen thermal treatment. It was built at the Energy Research and Modernizing Institute (ICEMENERG) of Bucharest and improved later in collaboration with the University of Brașov.

Energetica 28 (1980), nr. 7. p. 303—307

Calitatea cărbunelui din bazinul Oltenia-nord, factor determinant în asigurarea siguranței în exploatare a instalațiilor termoenergetice

Chim. Elena Gatman
și ing Elena Antoniu *)

Criza energetică mondială, care a impus folosirea cărbunilor inferiori (ligniți, șisturi, deșeuri din preparații ș.a.) drept combustibil, s-a resimțit și în țara noastră, conducînd la cercetări privind criteriile principale care stau la baza urmăririi calității combustibililor inferiori utilizați în centralele termoelectrice de mare consum: CET Işalnița, CTE Rogojelu, CTE Turceni.

Lucrarea își propune să dea cîteva indicații tocmai asupra acestor criterii privind calitatea cărbunilor bruni-ligniți, cărbuni caracterizați prin conținutul ridicat de componente petrografice fibroase, steril și apă.

Datele experimentale obținute asupra parametrilor energetici: umiditate (W_t^i), cenușă (A^{anh}), putere calorică inferioară (Q_i^i), componenți petrografici (conținut de textinit și textoulminit), coeficient de măcinabilitate (M_{VTI}) ș.a., evidențiază în final tendința de înrăutățire a calității combustibilului pentru viitor.

În acest sens, în vederea obținerii siguranței în exploatare pentru o funcționare continuă a centralelor termoelectrice, este necesară reactualizarea acestor valori pentru principalii parametri amintiți, atît analitici, cît și conținutul de xilită și coeficientul de măcinabilitate, cu încadrarea acestora în datele de proiect ale instalațiilor termoenergetice, pe de o parte, iar pe de altă parte luarea unor măsuri pentru aducerea instalațiilor în condițiile calității reale a combustibilului.

Pentru a răspunde la problema exploatării raționale a instalațiilor termoenergetice, este necesară cunoașterea reală a caracteristicilor energetice ale tuturor materialelor utilizate drept combustibil.

Dacă în trecut valorile curente ale puterii calorice inferioare se situau la circa 2000 kcal/kg, în prezent se preconizează utilizarea unor combustibili cu conținut caloric mic, cu puteri calorice inferioare ale probei inițiale în jurul cifrei de 1400 kcal/kg și chiar sub limita inferioară a benzii de calitate.

Valorile medii (de referință) ale puterii calorice inferioare pe cariere și mine variază, pe întregul bazin Oltenia, între 1454 $\pm$ 124 kcal/kg și 1870 $\pm$ 220 kcal/kg; se înregistrează o diferență de 419 kcal/kg confirmînd neomogenitatea structurii chimice a cărbunilor bruni-ligniți din acest bazin (tabelul 1).

În timp ce pentru Lupoaia mină, Lupoaia carieră și mina Motru-Vest (din bazinul Motru) abaterea medie pătratică este 55,12 și 159 kcal/kg, pentru Beterega și Poiana (bazin Rovinari) abaterile medii pătratice sînt mai mari: 225 și, respectiv, 208 kcal/kg. Se remarcă, deci, o omogenitate structurală mai bună în cazul minelor și carierelor din bazinul Motru față de bazinul Rovinari.

Din analiza valorilor puterii calorice inferioare se constată neîncadrarea valorii acesteia în valorile STAS. Toate aceste valori în prezent se situează sub valoarea de referință standard, de 1710—1750 kcal/kg.

Neomogenitatea structurii chimice a cărbunilor prezintă o serie de consecințe defavorabile asupra mersului normal și asupra funcționării efective a centralei, favorizînd dereglajul proceselor de măcinare și ardere.

Din analiza zilnică a variației Q_i^i se observă cîteodată, chiar în cursul a 24 ore, variații mari, și anume de la circa 1000 kcal/kg pînă la valoarea maximă de 2200—2300 kcal/kg (fig. 1).

Variațiile mari ale Q_i^i în intervale scurte de timp au implicații negative asupra funcționării instalațiilor de ardere, cît și asupra capacității de lucru a turbinei, în sensul că variația eforturilor depășește limita admisibilă a frecvenței lor în timp. Apare necesară asigurarea unor proprietăți omogene ale cărbunelui, și anume egalizarea și omogenizarea acestuia.

Egalizarea își propune drept scop menținerea în intervalul dorit a parametrilor medii ai combustibilului în cursul unei perioade de timp mai îndelungate (zile, săptămîni, luni, ani), ceea ce înseamnă, practic, toată durata de funcționare a termocentralei.

Nerealizarea egalizării are consecințe defavorabile, și anume:

— necesitatea dimensionării instalațiilor auxiliare pentru limita inferioară a puterii calorice inferioare și umidității și a conținutului maxim de cenușă;

— necesitatea dimensionării instalațiilor din sala cazanelor pentru o gamă largă a puterii calorice inferioare.

Dacă sistemul dimensionat în acest fel este alimentat cu combustibil mediu, sau chiar unul avînd parametrii apropiați de limita superioară a calității, are loc suprauscarea combustibilului, care duce la depășirea temperaturilor în zona de măcinare, provocînd crearea unor temperaturi ridicate pe focare, și la zgurificări importante.

*) Chim. Elena Gatman este cercetător științific principal III la ICEMENERG; ing. Elena Antoniu este cercetător științific la același institut.

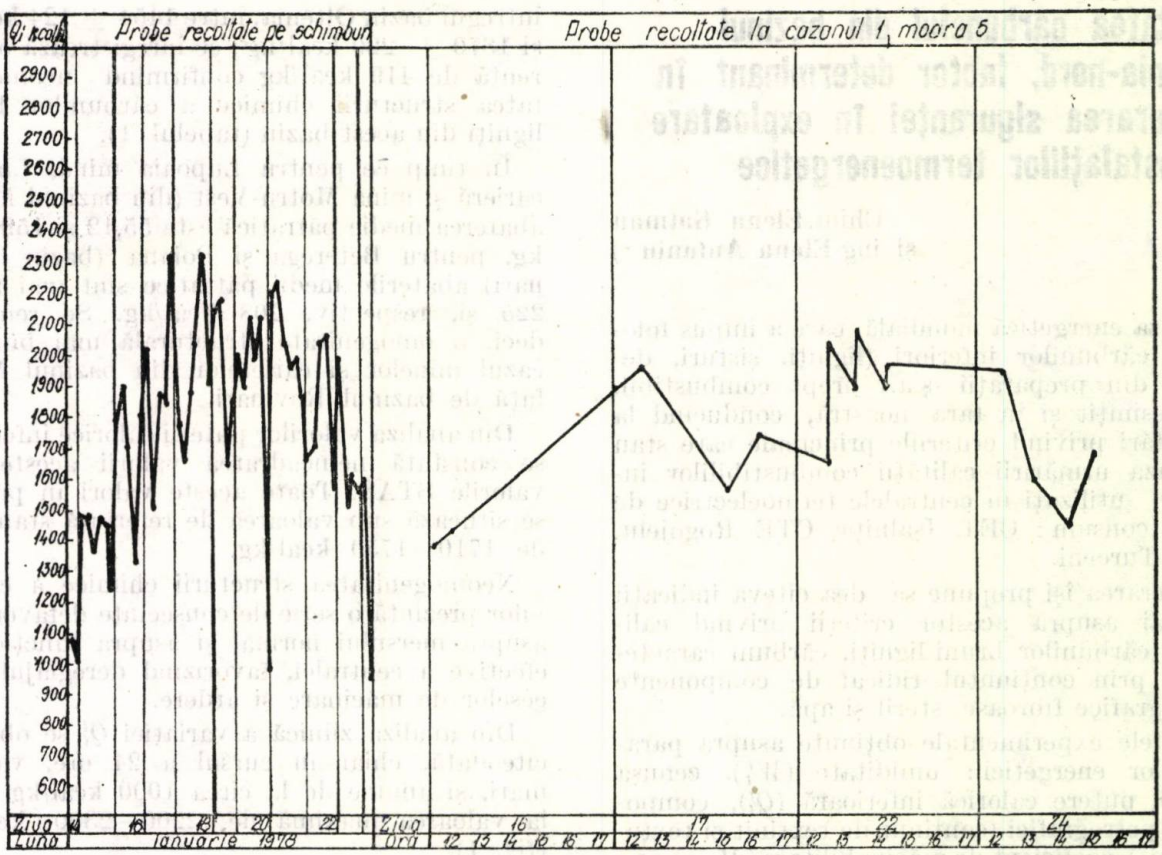


Fig. 1. Variaţia zilnică a puterii calorice (Q_i) în intervalul 1—24 ianuarie 1978.

Omogenizarea combustibilului are drept scop compensarea oscilaţiilor puterii calorice şi a altor proprietăţi ale combustibilului, cuprinzînd un interval de timp între cîteva minute şi o oră, inclusiv compensarea şi înlăturarea oscilaţiilor bruşte cu caracter de salturi.

Omogenizarea cărbunelui în vederea obţinerii unei structuri uniforme a materialului se poate obţine prin amestecare. Omogenitatea nesatisfăcătoare a cărbunelui atrage după sine următoarele consecinţe:

— schimbările bruşte ale Q_i^t influenţează mersul instalaţiilor de ardere cît şi capacitatea de lucru a turbinei.

Egalizarea şi omogenizarea cărbunelui sînt două procese care se compensează reciproc.

Egalizarea mai desăvîrşită a unui combustibil poate reduce în anumită măsură cerinţele în raport cu omogenizarea superioară a materiei prime respective, dar nu poate în nici un caz să o înlocuiască cu totul.

Omogenizarea singură nu ajunge pentru asigurarea în intervale de timp îndelungate, de ordinul a cîteva săptămîni pînă la cîţiva ani, a menţinerii Q_i^t a cărbunelui în domeniul dorit. Pe de altă parte, alimentarea centralei cu un combustibil bine egalizat şi omogenizat este absolut necesară pentru o funcţionare continuă rentabilă şi cu posibilităţi de reglare simple.

Din literatura de specialitate rezultă ca admisibile toleranţe ale oscilaţiilor puterii calorice medii a combustibilului în intervale de timp scurte (pornind de la cîteva minute la o oră), cuprinse în limitele $\pm$ 10 % maximum.

Totodată trebuie să fie îndeplinită şi condiţia ca variaţia puterii calorice inferioare a cărbunelui de la valoarea maximă la cea minimă admisă, şi invers, să nu depăşească intervale de timp mai scurte de 15—20 minute.

Pentru calculul eficacităţii de omogenizare se folosesc în practică metode diferite, bazate pe legile statisticii matematice.

În practică efectul omogenizării şi egalizării se urmăreşte în următoarele cazuri şi procese: la escavatoare, în procesul de amestecare a două sau mai multe fluxuri individuale de cărbune, la cărbunele păstrat la locurile de depozitare şi la buncărele de cărbune. Un alt criteriu important în definirea calităţii cărbunelui din bazinele Rovinari şi Motru îl reprezintă conţinutul de componenţi lemnoşi.

Dacă se analizează variaţia puterii calorice inferioare cu conţinutul de componenţi lemnoşi (textinit + textoulminit) la stare iniţială

Tabelul 1

Caracteristicile energetice pentru probele de cărbune brun-lignit experimentate, raportate la starea inițială

Nr. crt.	Nr. probei	Cariera	Caracteristici energetice			Analiză elementară			
			W_t^i %	A^i %	Q_i^i %	C^i %	H^i %	S_c^i %	$O_2 + N_2$ %
1	1		39,7	33,80	1135				
2	2		39,37	39,36	1134	11,6	1,23	0,60	7,9
3	3		35,86	40,27	1003	13,75	0,58	0,58	7,40
4	4	Gîrla	38,20	38,20	1193				
5	5		40,83	32,87	1134				
6	6		30,26	36,26	1083	13,96	1,24	0,47	4,13
7	7		-	28,70	1380				
8	8			31,90	1280				
		Valoare medie	39,69	35,17	1168	13,10	1,34	0,55	6,48
9	1		43,60	20,00	1884	20,62	2,26	0,87	12,91
10	2		44,00	19,40	1868				
11	3		43,00	21,00	1830				
12	4		42,36	24,35	2085	21,73	2,17	0,75	8,55
13	5	Poiana	43,24	21,16	1916				
14	6			19,00	1867				
15	7			23,80	1661				
16	8			19,70	1729				
17	9			22,00	1695				
		Valoare medie	43,24	21,16	1837	21,18	2,22	0,81	10,73
18	1		42,28	38,37	889	12,12	1,08	0,55	5,62
19	2		42,60	25,77	1535				
20	3	Beterega-Est	39,78	33,10	1226				
21	4		34,93	33,93	1420	16,61	1,61	0,29	12,63
22	5			21,50	1611				
		Valoare medie	39,90	50,53	1336	14,36	1,35	0,42	9,12
23	1	Beterega-Vest		15,80	1929				
24	2	Beterega-Vest		18,90	1773				
		Valoare medie		17,35	1851				
25	1	Tismana		23,60	1644				
26	2	Roșia		11,80	2200				
Bazin Motru									
27	1	Motru-Vest		22,00	1875				
28	2	Motru-Vest		21,90	1680				
		Valoare medie		21,95	1677				
29	1	Lupoaia		23,10	1385				
30	2	Lupoaia		22,60	1410				
		Valoare medie		22,85	1397				
31	1	Bandă de alim. CTE	36,8	40,34	1339				
32	2	Rogojelu	38,76	39,25	908	13,36	1,55	0,60	6,48
33	3	Beterega-Est	42,13	34,03	1391	16,85	1,67	0,63	4,69
34	4	+ Gîrla	40,40	29,60	1380				
35	5		42,50	27,00	1410				
		Valoare medie	40,10	34,08	1285	15,10	1,61	0,62	5,58
36	1			18,70	1920				
37	2			17,80	2316				
38	3			21,30	1755				
39	4			20,40	1805				
40	5			40,00	900				
41	6			43,60	962				
42	7	Depozit Rogojelu		20,70	1771				
43	8			27,40	1709				
44	9			25,00	1280				
45	10			25,80	1706				
46	11			89,00	1299				
47	12			34,40	1396				
48	13			26,80	1680				
49	14			21,10	1815				
		Valoare medie		27,35	1593				

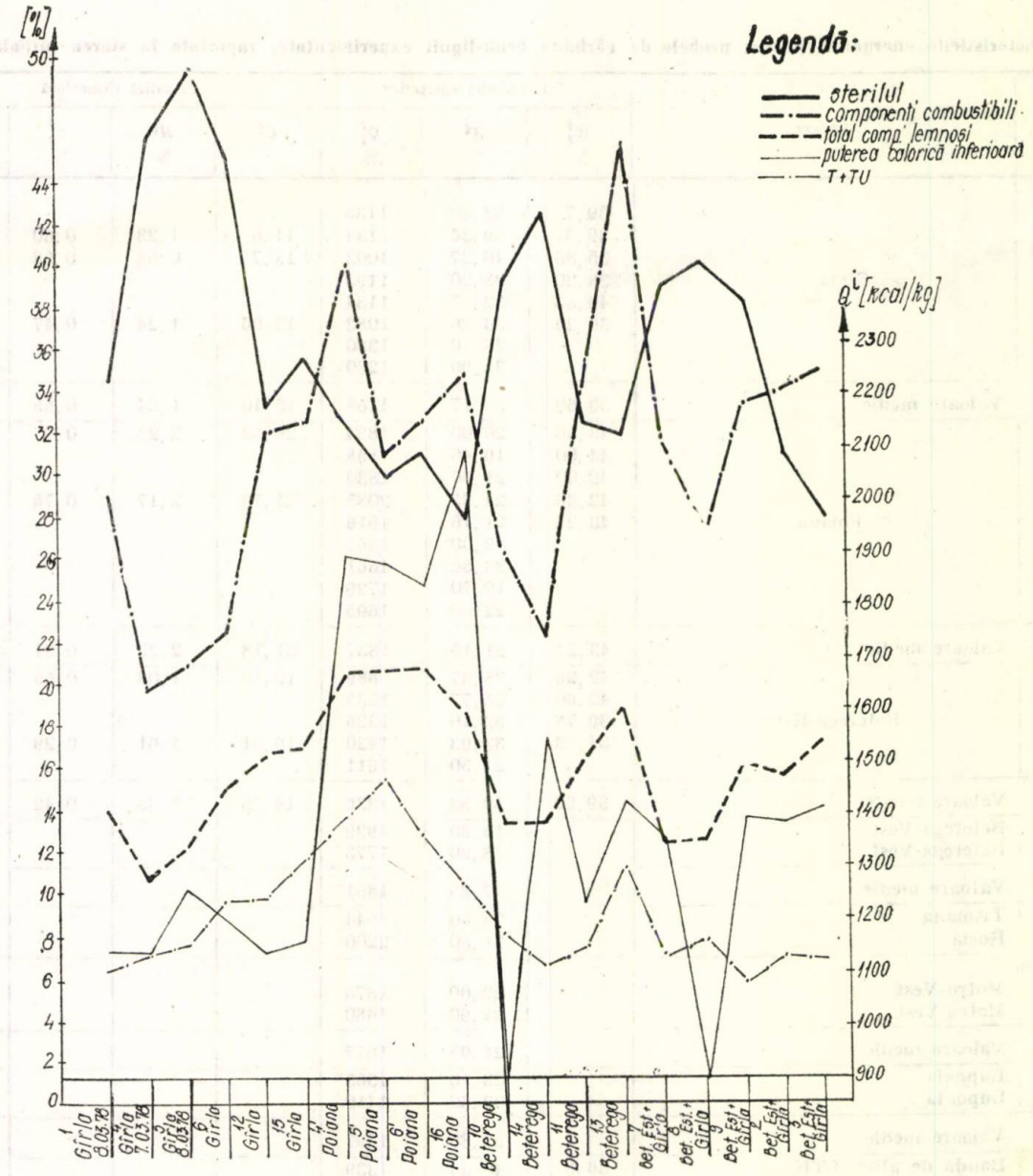


Fig. 2. Variația componenților petrografici cu puterea calorică inferioară.

(fig. 2), se constată în general că probele cu un conținut caloric mare prezintă valori ridicate ale conținutului de componenți lemnoși, dar acest lucru nu se poate generaliza, neexistînd o relație directă de proporționalitate în acest sens.

Acest fapt se poate explica prin existența unor probe care, la aproximativ același conținut de componenți lemnoși, prezintă valori diferite pentru puterea calorică inferioară (proba 5 cu 6 și 19; proba 3 cu 14) (fig 2).

Din analiza diagramei din figura 2 rezultă că probele cu un conținut ridicat în componenți combustibili și redus în steril prezintă valori mai mari pentru puterea calorică inferioară, pînă la 2400 kcal/kg, pe cînd la probele cu un conținut ridicat în steril și redus în componenți combustibili, conținutul caloric scade sub 1000 kcal/kg (962; 900 kcal/kg — probele 23 și 24).

Măsurătorile privind determinarea calitativă și cantitativă a acestora s-au efectuat cu ajutorul unui microscop tip IOR—MC1 pentru cercetarea calitativă și un microscop tip Ortolux—Port Leitz, prevăzut cu un numărător automat de puncte tip James Swit, pentru cea cantitativă.

Din aceste studii se constată că ligniții din bazinele Rovinari—Motru au un conținut mediu de 10—15% xilit.

Conținutul total de componenți lemnoși (T + + TU) și componenți coloidali la probele din bazinele Rovinari prezintă valori între 19,74 % și 32,37 % pentru cariera Gîrla; 25,98 —

41,77 % pentru cariera Poiana; 22,18 — 45,49 % pentru cariera Beterega-Est și de 34,15 % pentru Beterega-Vest.

Pentru bazinul Motru : 34 % cariera Motru-Vest și 29,36—30 % cariera Lupoaia (tabelele 2 și 3).

Studiind participarea procentuală pe probe medii, se observă că cea mai mare valoare a conținutului total de componenți lemnoși (textinit + textoulminit + componenți coloidali) o prezintă cariera Beterega-Vest : 34,12 % și Motru-Vest 34,12 %, iar cel mai scăzut — 25,76 % — cariera Gîrla (tabelul 2).

Textinitul la microscop apare format din substanțe humice și din resturile de lignină și celuloză ale pereților celulari (fig. 3 și 4).

Ca urmare a elasticității sale, se mărunțește foarte greu. Sînt cunoscute cinci varietăți de textinit în literatura de specialitate : lemn humificat, xilit bogat în celuloză, xilit sărac în celuloză, xilit structural și xilit dopleritic (gelifiat).

Xilitele fibroase sînt greu de prelucrat și reduc randamentul focarului, deoarece o parte din particulele de lemn, relativ mari, pătrund ca nearse, datorită structurii fibroase, atît în camera focară, cît și în electrofiltre. Ele au

Tabelul 2

Valorile medii pentru caracteristicile petrografice ale probelor de cărbune brun-lignit din bazinele Rovinari, Motru, Jilț. Rezultate raportate la starea inițială

Bazinul	Cariera	Starea inițială, %				
		Textinit	Textoulminit	Ulminit	Coloidali	Total
Rovinari	Gîrla	1,26	6,65	5,35	13,27	25,76
	Poiana	3,35	6,52	7,12	18,37	33,43
	Beterega-Est	1,93	5,68	6,85	14,70	29,16
	Beterega-Vest	2,00	6,60	7,43	11,96	34,12
	Tismana	2,20	6,52	4,98	16,04	29,74
	Roșia	3,20	9,10	7,49	20,23	40,02
Motru	Motru-Vest	3,15	11,27	7,74	11,96	34,12
	Lupoaia	3,90	10,26	6,48	99,40	16,18
Jilț	Mătăsari	2,00	7,08	9,02	22,14	40,24
	Bandă de alimentare (Beterega-Est + Gîrla)	2,11	6,64	5,92	17,31	31,90
	Depozit Rogojelu	1,65	4,30	5,57	17,72	29,20

Tabelul 3

Valorile medii pentru caracteristicile petrografice ale probelor de cărbune brun-lignit din bazinele Rovinari, Motru, Jilț. Rezultate raportate la masa combustibilă

Bazinul	Cariera	Starea masei combustibile, %				
		Textinit %	Textoulminit %	Ulminit %	Coloidali %	Total
Rovinari	Gîrla	2,28	25,97	21,14	47,70	100
	Poiana	9,08	24,65	20,82	41,20	100
	Beterega-Est	6,04	20,33	24,18	49,88	100
	Beterega-Vest	3,10	21,95	21,69	52,96	100
	Tismana	2,40	26,88	16,70	53,86	100
	Roșia	3,22	27,47	18,70	38,43	100
Motru	Motru-Vest	17,78	24,35	22,61	34,92	100
	Lupoaia	14,89	30,00	22,17	33,43	100
Jilț	Mătăsari	2,99	19,46	22,31	54,77	100
	Bandă de alimentare (Beterega-Est + Gîrla)	6,58	20,12	18,66	54,82	100
	Depozit Rogojelu	2,47	15,27	18,96	61,32	100

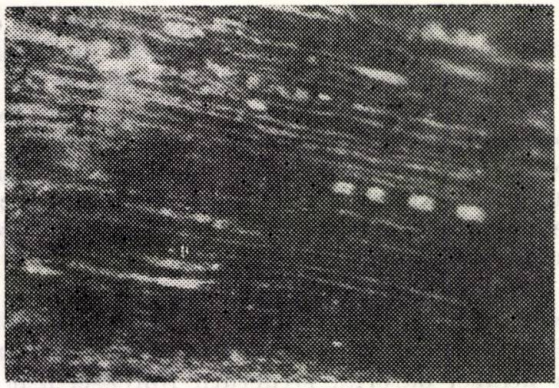


Fig. 3. Textinit fibros cu celule umplute cu flobafinit.

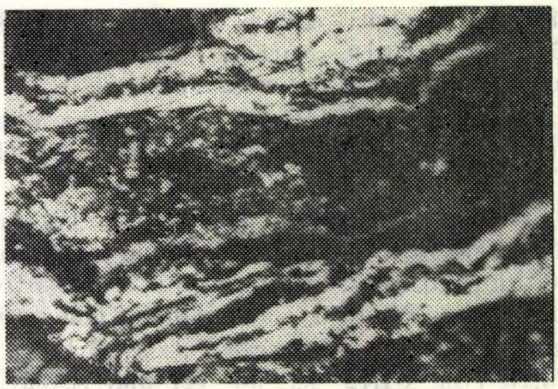


Fig. 5. Textoulminit.

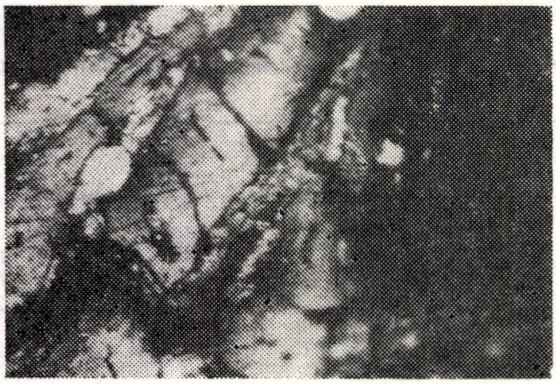


Fig. 4. Textinit celular.

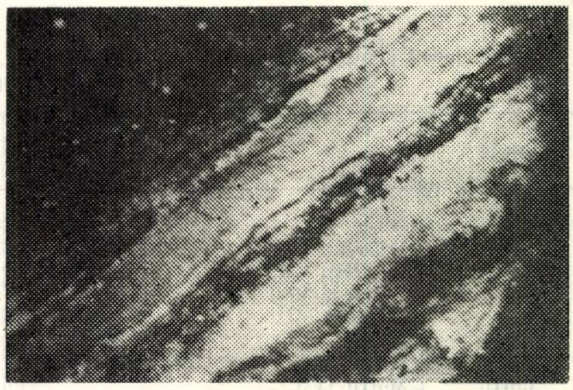


Fig. 6. Ulminit în benzi alternînd cu textoulminit.

şi alte efecte negative datorită astupării şi depunerilor în conductele de praf de cărbune şi arzătoare. Xilitele fibroase pot fi îndepărtate în mică parte din combustibili prin cernere sau sortare. Ele sînt bune pentru reprelucrare (mangal, material pirogenat şi altele).

Xilitul gelifiat este mai dificil, în sensul că este mai sfărîmicios, datorită gelifierii aproape complete a structurii celulare. Acesta se comportă diferit, faţă de toate celelalte varietăţi de xilit, la solicitările mecanice şi poate fi mai greu prelucrat în procesul de măcinare-uscare.

Ceilalţi componenţi lemnoşi sînt textoulminitul (textinit semigelifiat) şi ulminitul (textinit gelifiat) fig. 5 şi 6.

Cărbunele de Rovinari şi Motru este puternic impurificat cu substanţe minerale, prezentîndu-se sub formă fin dispersată, cît şi sub formă de benzi de grosimi centimetrice. Astfel, în masa cărbunelui se observă impregnaţii fine sub 0,1 mm, ca şi intercalaţii de benzi de argilă cu grosimi de 2 pînă la 4—8 cm, pelicule fine de carbonaţi şi hidroxizi de fier sub 0,1 mm, intercalaţii de cuarţ, feldspat şi total subordonat pirită.

Dacă se studiază raportul cantitativ dintre conţinuturile în humodetrinit (*Hd*) şi textinit (*T*), acesta prezintă interes deosebit din punct de vedere geologic, iar din punct de vedere tehnologic mai mult pentru aprecierea cărbunelui în procesul de sfărîmare şi mai puţin din punct de vedere energetic (caloric). La probele analizate acest raport variază în limite largi, de la 8 la 25, valorile mai mici ale raportului corespunzînd cărbunilor xilitici.

Un alt aspect care rezultă din analiza petrografică este gradul de diluţie al cărbunelui, dat de raportul dintre proporţia de material cărbunos (sumă de $Hd + T$) şi proporţia de argilă liberă (A.l.).

Acest raport este în strînsă legătură atît cu structura geologică a zăcămîntului (grosimea straturilor de cărbune şi a intercalaţiilor sterile tectonice, natura acoperişului şi culcuşului stratelor), cît şi cu metoda şi modul cum este condusă exploatarea minieră; valorile acestui raport sînt proporţionale cu valorile puterii calorice inferioare şi trebuie avute în vedere la urmărirea calităţii livrate de către exploatările miniere.

Din analiza valorilor privind conţinutul caloric se observă diferenţe între conţinutul caloric al masei cărbunoase (*Hd*) şi conţinutul de textinit corespunzător probei respective. Puterea calorică superioară la masă combustibilă a textinitului prezintă valori superioare faţă de puterea calorică la masă combustibilă a masei de bază humică. Aceasta se datoreşte faptului că masa de bază humică este fin impregnată cu argilă care nu poate fi separată. Din acest

motiv, deseori particulele fine de culoare negricioasă sînt incluse în mineralele argiloase.

În consecinţă, din analiza carbopetrografică şi chimică a probelor cercetate rezultă proprietăţile specifice cărbunilor româneşti tineri: conţinut de umiditate şi steril ridicat, asociat cu importante cantităţi de componente fibrolemnoase.

Un ultim criteriu, analizat în materialul de faţă, care defineşte calitatea cărbunelui din bazinul Oltenia-Nord, cu implicaţii în funcţionarea instalaţiilor de pregătire a prafului de cărbune (mori), îl prezintă determinarea gradului de măcinabilitate al acestor cărbuni.

Cunoaşterea coeficientului de măcinabilitate prezintă interes deosebit atît pentru proiectarea morilor necesare măcinării, cît şi pentru întocmirea schemelor optime de pregătire a prafului de cărbune, impunîndu-se o serie de măsuri, necesar a fi luate, în cazul schimbării naturii sau calităţii combustibilului.

Măcinarea cărbunelui depinde de o serie de factori, care privesc, pe de o parte, combustibilul analizat, iar pe de altă parte metodele de determinare; dintre aceştia citäm: natura cărbunelui, gradul de incarbonizare, granulaţia cărbunelui, conţinutul de cenuşă, conţinutul de umiditate şi materii volatile, caracteristicile utilajului cu care se face măcinarea, tipul de moară şi puterea calorică inferioară a combustibilului.

Între coeficienţii de măcinabilitate determinaţi prin diferite metode există o dependenţă: valorile obţinute prin metoda VTI sînt mai mici, iar cele obţinute prin alte metode sînt mai mari. Valorile coeficientului de măcinabilitate ale probelor de cărbune din bazinul Rovinari, determinate după metoda VTI, arată că, odată cu creşterea conţinutului de textinit şi textoulminit, rezistenţa la măcinare creşte (apare o oarecare micşorare a coeficientului de măcinabilitate de la 0,911 la 0,766 — fig. 7).

Acelaşi lucru apare şi în cazul creşterii conţinutului total de componenţi lemnoşi; cariera Gîrla, care are cel mai redus conţinut în componenţi lemnoşi, prezintă cea mai mică rezistenţă la măcinare (valoarea coeficientului 0,911), pe cînd cariera Poiana are cel mai ridicat conţinut în componenţi lemnoşi şi prezintă o rezistenţă mai mare la măcinare, deci o valoare mai mică a coeficientului de măcinabilitate (0,783).

O oarecare dependenţă a coeficientului de măcinabilitate faţă de puterea calorică inferioară s-a remarcat pentru probele de cărbune brun-lignit din bazinul Rovinari, astfel încît coeficientul de măcinabilitate a crescut odată cu scăderea puterii calorice inferioare.

În concluzie, se poate aprecia că, acţionînd în mod corect asupra acestor criterii ce defi-

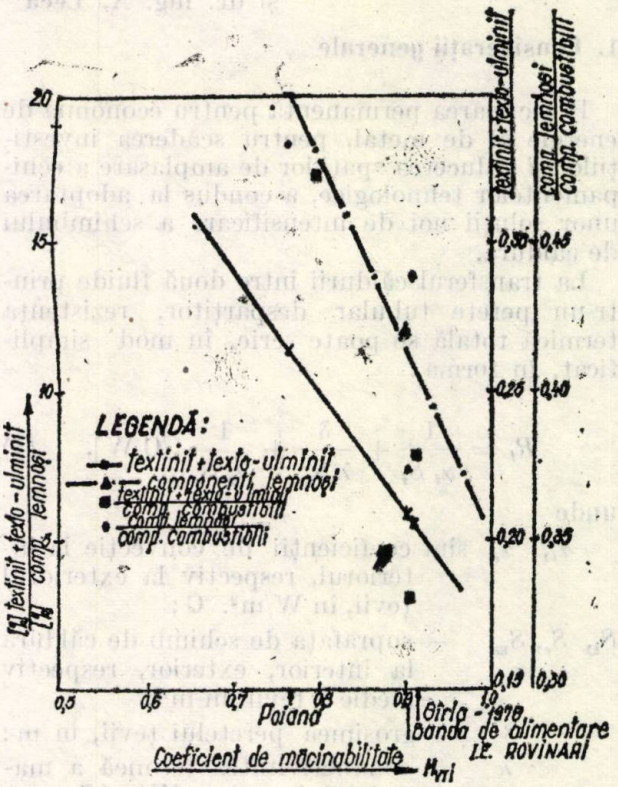


Fig. 7. Variaţia coeficientului de măcinabilitate (M_{VTI}) cu componenta lemnoasă şi cu conţinutul (textinit + textoulminit).

nesc calitatea cărbunelui din bazinul Oltenia-Nord (puterea calorică inferioară, componenţi petrografici şi coeficientul de măcinabilitate), se creează posibilităţi mari în asigurarea fiabilităţii instalaţiilor termoenergetice.

Bibliografie

[1] * * *Lexic internaţional de petrografie a cărbunilor.* Comitetul Internaţional de Petrografie, Paris, 1971.

[2] * * * *Studiu petrografic comparativ cu referire specială asupra proporţiei şi modului de repartiţie a xilitului în lignitul din bazinul Rovinari.* Institutul de Geologie şi Geofizică, 1977.

[3] * * * *Cercetări privind stabilirea caracteristicilor energetice ale cărbunilor din noile cariere şi mine ce vor intra în exploatare pentru alimentarea cu lignit a termocentralelor şi centralelor electrice.* Studiu ICEMENERG, 1978.

(Articol intrat în redacţie la 20 martie 1980)

Intensificarea transferului de căldură prin folosirea țevilor cu nervuri joase la schimbătoarele de căldură tubulare

Ing. **I. Hubert**
și dr. ing. **A. Leca***)

1. Considerații generale

Preocuparea permanentă pentru economia de energie și de metal, pentru scăderea investițiilor și reducerea spațiilor de amplasare a echipamentelor tehnologice, a condus la adoptarea unor soluții noi de intensificare a schimbului de căldură.

La transferul căldurii între două fluide printr-un perete tubular despărțitor, rezistența termică totală se poate scrie, în mod simplificat, în forma:

$$R_t = \frac{1}{\alpha_i S_i} + \frac{\delta}{\lambda S_m} + \frac{1}{\alpha_e S_e} \text{ [°C/W]}, \quad (1)$$

unde

α_i, α_e sînt coeficienții de convecție la interiorul, respectiv la exteriorul țevii, în W/m². °C;

S_i, S_e, S_m — suprafața de schimb de căldură la interior, exterior, respectiv medie a țevii, în m²;

δ — grosimea peretelui țevii, în m;

λ — conductivitatea termică a materialului țevii, în W/m.°C.

La schimbătoarele de căldură tubulare, natura materialului țevilor este, de obicei, impusă de procesul tehnologic sau de considerente economice, astfel încît reducerea rezistenței termice a peretelui nu reprezintă o cale de intensificare a transferului de căldură.

Analizînd rezistențele termice la schimbul de căldură prin convecție (de forma $1/\alpha_i S_i$ și $1/\alpha_e S_e$), în care coeficienții de convecție α_i și α_e sînt în funcție de natura fluidelor (impusă de procesul tehnologic) și de viteza acestora (stabilită prin optimizare tehnico-economică), rezultă că o măsură care poate fi luată pentru intensificarea transferului de căldură o constituie extinderea suprafeței de schimb de căldură. Această operație se execută pentru suprafața exterioară a țevilor, pentru fluidul care realizează coeficientul minim de convecție.

Suprafața extinsă considerată în lucrarea prezentă este o țeavă cu nervuri exterioare radiale joase, obținută prin procedeul de extrudere (moletare) la Întreprinderea mecanică de utilaj chimic (I.M.U.C) — București. Pentru această țeavă profilul nervurii s-a ales trapezoidal (fig. 1); se menționează că profilul optim-parabolic concav, care conduce la un flux termic maxim pe unitatea de masă, este tehnologic practic nerealizabil. Aproximarea profilului optim al nervurii printr-un profil trapezoidal nu coboară cu mult comportarea termică a nervurii [1].

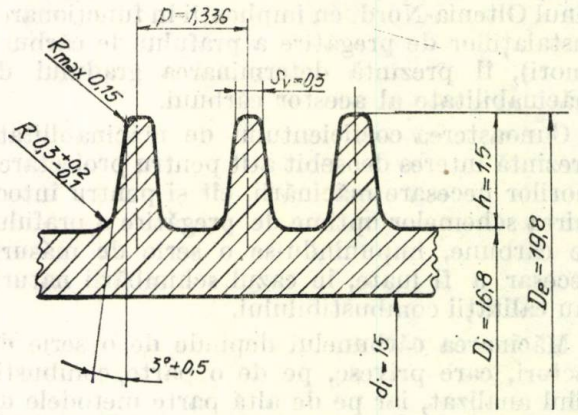


Fig. 1. Profilul nervurilor la țeava I.M.U.C.-București; cotele în mm.

La execuția țevii prin extrudere, nervurile se formează integral din grosimea peretelui țevii lise calibrate din care se execută (Ø 20 × × 2 mm), greutatea țevii pe unitatea de lungime reducîndu-se cu aproximativ 10% prin alungirea țevii lise. Datorită continuității materialului între nervură și țeava-suport, se elimină complet rezistența termică de contact care există în cazul nervurilor aplicate. De asemenea, rezistența termică prin conducție a țevii se reduce, prin subțierea peretelui țevii de bază (de la 2 mm la 0,9 mm). La țeava nervurată considerată, coeficientul de extindere a suprafeței raportat la suprafața exterioară a bazei este de 3,06, iar raportat la suprafața țevii lise este de 2,57.

Țeava cu nervuri radiale joase, cu 75 nervuri/100 mm și înălțimea nervurii de 1,5 mm, este realizată pentru a fi folosită în locul țevii lise obișnuite (Ø 20 × 2 mm), la schimbătoarele de căldură cu țevi și manta cilindrică. Procedeul tehnologic de fabricație a țevii nervurate permite păstrarea unor porțiuni de țeavă lisă în dreptul plăcilor tubulare și al șicanelor (fig. 2).

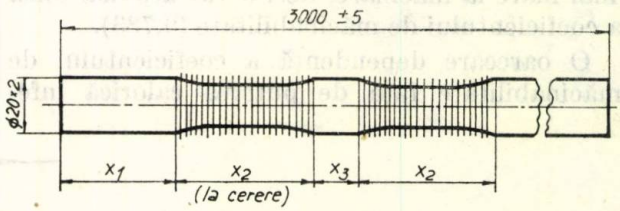


Fig. 2. Țeavă cu nervuri joase pentru fascicole tubulare; cotele în mm.

*) Ing. Ionel Hubert este cercetător științific principal, iar dr. ing. Aureliu Leca este conferențiar, ambii la Catedra de centrale electrice și energetică industrială, Facultatea de energetică, Institutul politehnic București.

2. Calculul transferului de căldură

Eficiența termică a nervurii, ε, reprezintă raportul dintre fluxul de căldură real transmis prin suprafața nervurii și fluxul care s-ar transmite în mod ideal prin aceeași suprafață a nervurii, dacă aceasta ar avea temperatura uniformă și egală cu a bazei sale.

La determinarea fluxului termic și a distribuției temperaturii la nervurile circulare cu secțiune trapezoidală, se obțin pentru eficiența ε expresii laborioase de calcul, în care intervin funcțiile Bessel, specifice geometriilor cilindrice [2]. Fără ca precizia rezultatelor să fie sensibil afectată, se poate adopta pentru calculul eficienței termice ε următoarea soluție aproximativă [3]:

$$\varepsilon = \frac{\text{th}(mh)}{mh}, \tag{1}$$

în care

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_0}{\lambda s}}; \quad h = \frac{d_e - d_b}{2}\left(1 + \ln\frac{d_e}{d_b}\right), \tag{2}$$

unde

α_0 este coeficientul de schimb de căldură prin convecție la exteriorul țevii de bază (între nervuri), în $W/m^2 \cdot °C$;

λ — conductivitatea termică a materialului peretelui țevii, în W/m. °C;

s — grosimea medie a nervurii, în m;

h — înălțimea echivalentă a nervurii, în m;

d_e, d_b — diametrul exterior al țevii, respectiv al bazei nervurilor, în m.

Pentru țeava din oțel produsă de I.M.U.C. — București se poate scrie [4]:

$$\varepsilon = \frac{\exp(0{,}03054\sqrt{\alpha_0}) - 1}{0{,}01527\sqrt{\alpha_0}\,[\exp(0{,}03054\sqrt{\alpha_0}) + 1]}, \tag{3}$$

relație reprezentată grafic în figura 3.

Cu ajutorul eficienței termice ε se definește coeficientul redus de schimb de căldură α_{red}, care reprezintă un coeficient mediu de transfer de căldură pe întreaga suprafață nervurată [2]:

$$\alpha_{red} = \varepsilon\alpha_0 \cdot [W/m^2 \cdot °C]. \tag{4}$$

În regim constant, debitul de **căldură** Q transferat între două fluide, succesiv prin convecție la suprafața interioară, conducție prin perete și nervuri și convecție la suprafața exterioară, este:

$$Q = \alpha_i S_i(t_{fi} - t_{pi}) = \frac{\lambda}{\delta} S_m(t_{pi} - t_{pe}) = \tag{5}$$
$$= \alpha_{red}\, S(t_{pe} - t_{fe})\ [W],$$

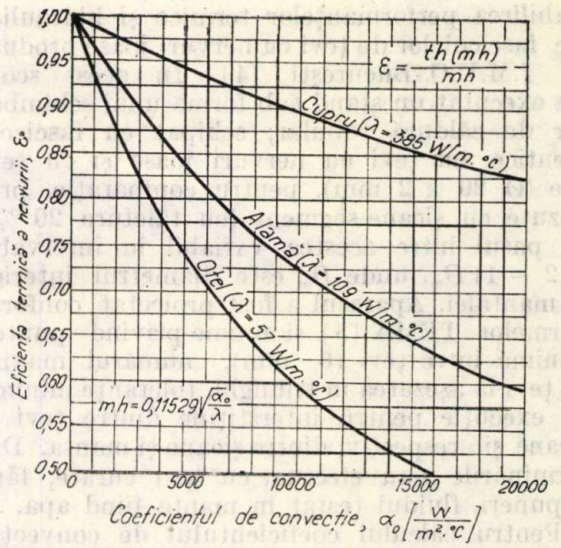


Fig. 3. Eficiența termică a nervurilor circulare cu secțiune trapezoidală.

unde

S_i, S_m, S sînt suprafața de schimb de căldură interioară, medie, respectiv exterioară totală a țevii nervurate, în m^2;

α_i — coeficientul de convecție la suprafața interioară, în $W/m^2 \cdot °C$;

t_{fi}, t_{fe} — temperatura fluidului interior, respectiv exterior, în °C;

t_{pi}, t_{pe} — temperatura peretelui interior, respectiv exterior la baza nervuri lor, în °C;

δ — grosimea peretelui țevii, în m.

Relația (5) se poate scrie sub forma (în ipoteza $t_{fi} > t_{fe}$):

$$Q = \frac{t_{fi} - t_{fe}}{\dfrac{1}{\alpha_i S_i} + \dfrac{\delta}{\lambda S_m} + \dfrac{1}{\alpha_{red} S}} = k_s S(t_{fi} - t_{fe})[W], \tag{6}$$

de unde rezultă coeficientul global de schimb de căldură raportat la suprafața exterioară totală $k_s[W/m^2 \cdot °C]$:

$$k_s = \frac{1}{\dfrac{1}{\alpha_i}\dfrac{S}{S_i} + \dfrac{\delta}{\lambda}\dfrac{S}{S_i} + \dfrac{1}{\alpha_{red}}} [W/m^2 \cdot °C], \tag{7}$$

care, pentru țeava cu nervuri joase considerată, capătă forma:

$$k_s = \frac{1}{\dfrac{3{,}43548}{\alpha_i} + \dfrac{0{,}00309}{\lambda} + \dfrac{1}{\alpha_{red}}} [W/m^2 \cdot °C]. \tag{8}$$

La Catedra de centrale electrice și energetică industrială din Institutul politehnic București s-au efectuat măsurători experimentale pentru

stabilirea performanţelor termice şi hidraulice ale fascicolelor de ţevi cu nervuri joase produse de I.M.U.C.-Bucureşti [4]. În acest scop, s-a executat un stand sub forma unui schimbător de căldură tubular, echipat cu fascicole identice, cu ţevi cu nervuri joase şi cu ţevi lise (Ø 20 × 2 mm), pentru comparaţie, prevăzute cu şicane-segment (cu tăietura 20 %), cu pasul între acestea variabil în intervalul $(0{,}2 - 1)\,D_m$, unde D_m este diametrul interior al mantalei. Aparatul a fost proiectat conform normelor TEMA [5], şi anume privind puntea minimă între ţevi (6 mm), numărul maxim de ţevi la aşezarea în triunghi, toleranţe minime de execuţie pentru interstiţiile dintre ţevi şi şicane şi, respectiv, dintre şicane şi manta. Determinările s-au efectuat cu ţevi curate, fără depuneri, fluidul testat în manta fiind apa.

Pentru calculul coeficientului de convecţie la exteriorul ţevii cu nervuri joase α_0, pentru fluide monofazice, s-a stabilit prin măsurători următoarea relaţie criterială, care aproximează datele experimentale cu o eroare medie de ± 7 %:

$$\mathrm{Nu}_f = 0{,}082\ \mathrm{Re}_f^{0{,}63}\ P_f^{0{,}33} \left(\frac{\eta_f}{\eta_p}\right)^{0{,}14}, \qquad (9)$$

unde

Nu_f este numărul Nusselt; $\mathrm{Nu}_f = \alpha_0 d_{ec}/\lambda_f$;

d_{ec} — diametrul hidraulic echivalent (fig. 4), în m;

λ_f — conductivitatea termică a fluidului, în W/m. °C;

Pr_f — numărul Prandtl;

$\eta_f\ \eta_p$ — viscozitatea dinamică a fluidului la temperatura acestuia, t_f, respectiv la temperatura peretelui, t_p, în N.s/m²;

Re_f — numărul Reynolds; $\mathrm{Re}_f = w d_{ec}/\nu_f$;

ν_f — viscozitatea cinematică a fluidului la temperatura t_f, în m/s²;

w — viteza medie a fluidului la curgerea printre ţevile fascicolului tubular cu şicane, în m/s; $w = \sqrt{w_l w_t}$;

w_l — viteza longitudinală, calculată pentru secţiunea longitudinală de curgere a fluidului S_1 (fig. 5), cu relaţiile:

$$S_1 = \frac{D_m^2}{8}\left(\frac{\pi f}{180} - \sin\varphi\right) - n\frac{\pi d_e^2}{4} =$$

$$= \frac{D_m(b-c) + 2\,\mathrm{ch}}{4} - n\frac{d_e^2}{4}\ [\mathrm{m}^2]; \qquad (10)$$

n — numărul de ţevi cuprinse în suprafaţa segmentului decupat din şicană;

w_t — viteza transversală, calculată pentru secţiunea transversală de curgere a fluidului S_t (fig. 5), cu relaţia:

$$S_t = \frac{D_m B q}{p}\ [\mathrm{m}^2]. \qquad (11)$$

În relaţia (9), indicii f şi p arată că proprietăţile fizice ale fluidului se determină la temperatura medie a acestuia, t_f, respectiv la temperatura peretelui, t_p.

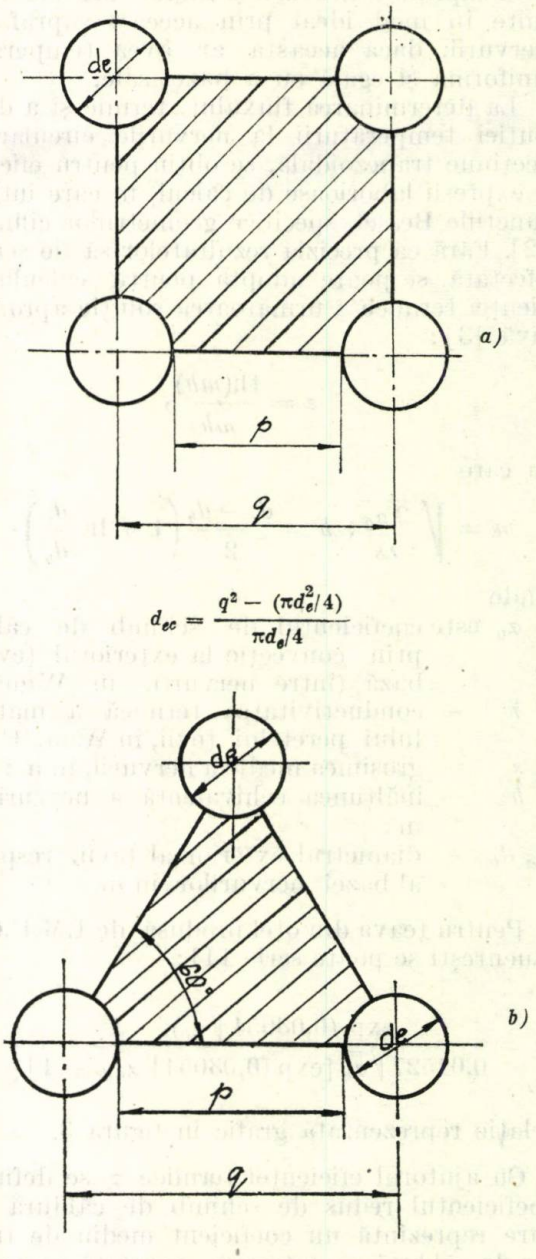


Fig. 4. Diametrul hidraulic echivalent:
a — aşezare în pătrat; *b* — aşezare în triunghi.

La stabilirea valorilor mărimilor d_{ec} şi w din relaţia (9), s-a utilizat ca diametru exterior un diametru volumic echivalent, care reprezintă suma dintre diametrul exterior al ţevii de bază şi creşterea de diametru corespunzătoare unui cilindru echivalent nervurilor. Pentru ţeava considerată, $d_e = 0{,}01769$ m.

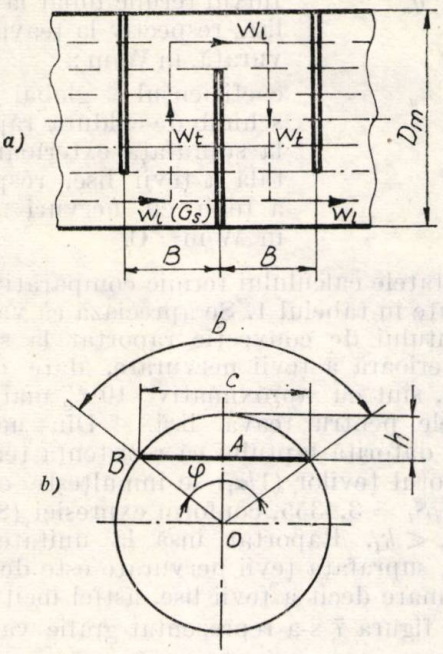


Fig. 5. Secţiunea longitudinală (*a*) şi transversală (*b*) de curgere a fluidului printr-un schimbător de căldură tubular cu şicane tip segment.

3. Calculul pierderii de presiune în manta

Măsurătorile experimentale efectuate [4] au dus la demonstrarea aplicabilităţii pentru ţevile produse de I.M.U.C.-Bucureşti a următoarei relaţii stabilită pentru calculul pierderilor de presiune la curgerea unui lichid în exteriorul unui fascicol de ţevi lise, prevăzut cu şicane-segment [2 :]

$$\Delta p = 72\,(N+1)\frac{fD_m}{d_{ec}}\,\frac{w_i^2\,\rho_f}{(\eta_f/\eta_p)^{0,14}}\ [\mathrm{Pa}], \quad (12)$$

unde

f este coeficientul de frecare, dat în figura 6;
N — numărul şicanelor-segment;
ρ_f — densitatea lichidului la temperatura medie t_f, în kg/m^3.

Restul mărimilor au semnificaţiile şi unităţile de măsură menţionate mai sus. În relaţia (12) sînt incluse şi pierderile în ştuţurile de intrare şi de ieşire.

Se face menţiunea că, spre deosebire de stabilirea pierderilor de presiune în ţevi, unde precizia calculelor este relativ mai ridicată, determinarea pierderilor de presiune în spaţiul dintre ţevi este supusă unor erori de calcul sensibil mai mari, în principal datorită configuraţiei geometrice complexe şi particularităţilor curgerii în această zonă.

4. Efectul depunerilor pe suprafaţa nervurată

Cu toate avantajele evidente în intensificarea transferului căldurii la ţevile cu nervuri joase, există din partea beneficiarilor o reţinere la folosirea acestora, din motive legate de comportarea lor la murdărirea suprafeţei exterioare de schimb de căldură. Există părerea că spaţiul dintre nervuri se poate astupa în timp cu depuneri, fără posibilităţi de curăţire, fapt care reduce apreciabil transferul de căldură.

Cercetări experimentale de lungă durată [2] au demonstrat însă contrariul acestei presupuneri, şi anume nu numai faptul că schimbul de căldură nu se micşorează, dar ţevile cu nervuri radiale joase au avantaje certe în eliminarea depunerilor. Astfel, variaţiile de temperatură ale materialului peretelui produc în ţeava cu nervuri joase o uşoară mişcare de acordeon, care elimină crustele de depuneri

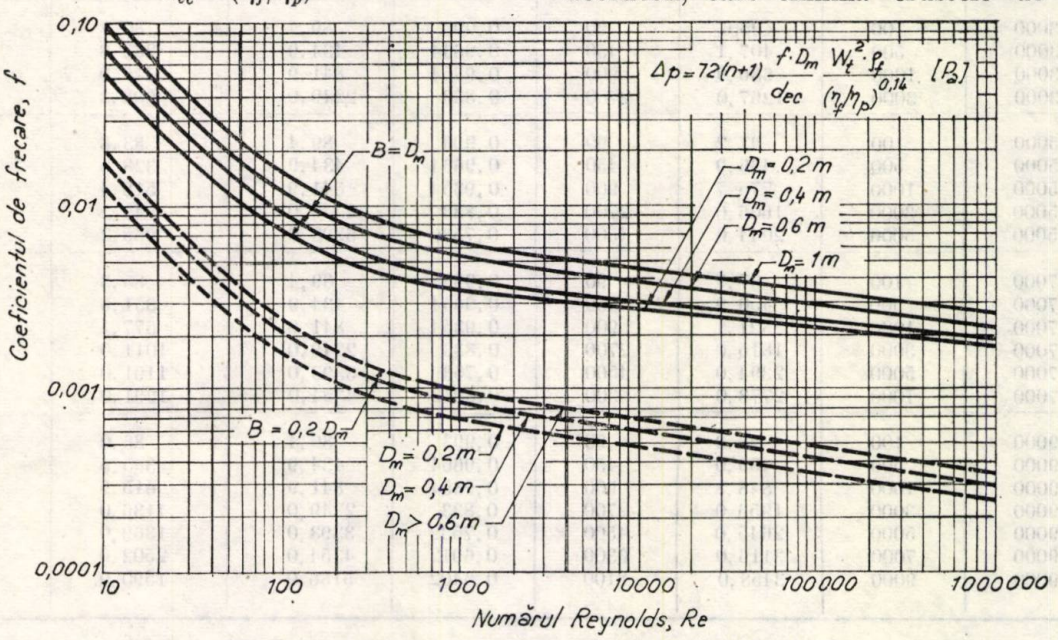


Fig. 6. Coeficientul de frecare pentru spaţiul dintre ţevi.

de pe suprafaţa nervurilor. La ţevile lise, în condiţii identice de exploatare, straturile cilindrice rigide de depuneri aderă şi acoperă suprafeţele netede sau rugoase ale ţevii, fără ca fenomenul menţionat mai sus să aibă loc.

5. Oportunitatea utilizării ţevilor cu nervuri joase

Pentru stabilirea oportunităţii folosirii ţevilor cu nervuri joase produse de I.M.U.C. — Bucureşti, în locul ţevilor lise Ø 20×2 mm, la schimbătoarele de căldură cu ţevi şi manta, cu un agent termic monofazic (lichid) în exteriorul fascicolului tubular, trebuie efectuat un studiu tehnico-economic [4]. La compararea soluţiilor se consideră că, în condiţii similare constructive şi funcţionale (aceleaşi debite, temperaturi, tăietură a şicanelor şi pas între acestea), se transmite aceeaşi cantitate de căldură.

În aceste condiţii se pot scrie relaţiile de proporţionalitate :

$$\frac{L_l}{L_n} = \frac{q_n}{q_l} = 2{,}57\frac{k_n}{k_l}, \qquad (13)$$

în care

L_l, L_n reprezintă lungimea totală de ţeavă lisă, respectiv de ţeavă nervurată, în m ;

q_l, q_n — fluxul termic liniar la ţeava lisă, respectiv la ţeava nervurată, în W/m ;

k_l, k_n — coeficientul global de schimb de căldură raportat la suprafaţa exterioară totală a ţevii lise, respectiv a ţevii cu nervuri joase, în W/m^2·°C.

Rezultatele calculului termic comparativ sînt prezentate în tabelul 1. Se apreciază că valorile coeficientului de convecţie raportat la suprafaţa exterioară a ţevii nervurate, date de relaţia (9), sînt cu aproximativ 10 % mai mici decît cele pentru ţeava lisă. Din această cauză şi datorită faptului că rezistenţa termică la interiorul ţevilor ($1/\alpha_i$) se înmulţeşte cu raportul $S/S_i = 3{,}4355$, conform expresiei (8), rezultă $k_n < k_l$. Raportat însă la unitatea de lungime, suprafaţa ţevii nervurate este de 2,57 ori mai mare decît a ţevii lise, astfel încît $q_n > q_l$. În figura 7 s-a reprezentat grafic variaţia $L_l/L_n = f(\alpha_1, \alpha_2)$, în ipoteza că pentru aceeaşi cantitate de căldură transmisă se prevăd ţevi cu nervuri joase în locul ţevilor lise.

Condiţia de oportunitate a prevederii ţevilor cu nervuri joase o reprezintă reducerea costului aparatului. Considerînd în mod aproxi-

Tabelul 1

Calculul domeniului de aplicabilitate a ţevilor cu nervuri joase la aparatele schimbătoare de căldură lichid — lichid (ţevi din oţel)

Nr. crt.	α_i (ales) W/m^2.°C	α_e (ales) W/m^2.°C	k_1 W/m^2.°C	$\alpha_0 = 0{,}9\ \alpha_e$ W/m^2.°C	$\varepsilon_n = f(\alpha_0)$	$\alpha_{red} = \varepsilon_n\ \alpha_0$ W/m^2.°C	k_n (relaţia (8)) W/m^2.°C	$L_l/L_n = 2{,}57\ k_n/k_l$
1	1000	100	88,6	90	0,993	89,4	68,1	1,977
2	1000	500	304,0	450	0,9664	434,9	172,1	1,459
3	1000	1000	436,9	900	0,9354	841,9	213,8	1,258
4	3000	100	95,6	90	0,993	89,4	80,7	2,169
5	3000	500	407,1	450	0,9664	434,9	285,8	1,804
6	3000	1000	686,9	900	0,9354	841,9	418,9	1,567
7	3000	3000	1267,0	2700	0,833	2249,0	608,3	1,234
8	5000	100	97,2	90	0,993	89,4	83,8	2,216
9	5000	500	436,9	450	0,9664	434,9	328,9	1,935
10	5000	1000	775,7	900	0,9354	841,9	518,4	1,718
11	5000	3000	1606,0	2700	0,833	2249,0	843,2	1,349
12	5000	5000	2044,0	4500	0,7539	3393,0	965,2	1,213
13	7000	100	97,9	90	0,993	89,4	85,3	2,238
14	7000	500	450,9	450	0,9664	434,9	351,6	2,004
15	7000	1000	821,1	900	0,9354	841,9	577,1	1,806
16	7000	3000	1815,0	2700	0,833	2249,0	1011,0	1,431
17	7000	5000	2394,0	4500	0,7539	3393,0	1191,0	1,278
18	7000	7000	2773,0	6300	0,6912	4354,0	1291,0	1,196
19	9000	100	98,3	90	0,993	89,4	86,0	2,250
20	9000	500	459,0	450	0,9664	434,9	365,5	2,047
21	9000	1000	848,8	900	0,9354	841,9	615,9	1,865
22	9000	3000	1956,0	2700	0,833	2249,0	1136,0	1,492
12	9000	5000	2645,0	4500	0,7539	3393,0	1369,0	1,329
24	9000	7000	3116,0	6300	0,6912	4354,0	2502,0	1,239
25	9000	9000	3458,0	8100	0,6402	5186,0	1590,0	1,182

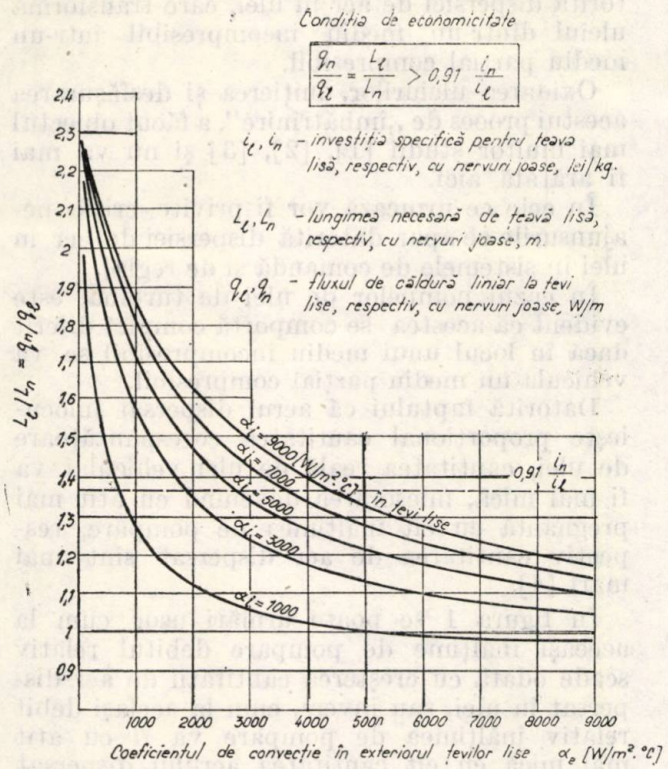


Fig. 7. Oportunitatea aplicării țevilor cu nervuri joase.

mativ că investițiile diferă numai prin costul țevilor și că prin procedeul de moletare țeava se alungește cu circa 10 %, rezultă următoarea condiție de economicitate [4]:

$$\frac{L_l}{L_n} = \frac{q_n}{q_l} > 0{,}91\ \frac{i_n}{i_l}, \qquad (14)$$

în care i_l, i_n reprezintă investiția specifică pentru țeava lisă, respectiv pentru țeava cu nervuri joase, în lei/kg.

Se menționează că în calculul tehnico-economic nu s-a considerat efectul pierderilor de presiune, avînd în vedere că reducerea lungimii țevilor prin nervurare compensează creșterea pierderilor de presiune.

6. Concluzii asupra domeniului de aplicație

Ținînd seama de cele arătate, rezultă următoarele concluzii principale:

a) Țevile cu nervuri joase se folosesc în cazul existenței unui coeficient de schimb de căldură prin convecție mai redus la exteriorul țevilor ($\alpha_2 < \alpha_1$); avantajul tehnico-economic al utilizării țevilor nervurate crește odată cu scăderea raportului coeficienților de convecție α_2/α_1.

b) Economicitatea folosirii țevilor cu nervuri joase este invers proporțională cu raportul costurilor țevilor i_n/i_l.

În plus, față de acestea, se poate considera ca importantă reducerea spațiului necesar pentru utilajul cu dimensiuni mai reduse, prevăzut cu țevi cu nervuri joase.

Utilizarea țevilor cu nervuri joase se recomandă atunci cînd în exteriorul țevilor se află un lichid care realizează un coeficient de convecție scăzut (de exemplu un lichid cu viscozitate mare sau un lichid cu viteză redusă de curgere și temperatură medie coborîtă), iar în interiorul țevilor un agent termic cu un coeficient de convecție ridicat (de exemplu apă, vapori de apă). Astfel, un calcul comparativ efectuat pentru un răcitor de ulei indică o reducere a lungimii necesare a țevilor de transfer de căldură cu peste 1,8 ori în cazul prevederii țevilor cu nervuri joase, în comparație cu aparatul cu țevi lise; în cazul unui preîncălzitor de păcură cu abur, acest avantaj poate fi și mai mare [4].

Bibliografie

[1] Schmidt, E. *Einführung in die technische Thermodynamik.* Berlin/Göttingen/Heidelberg, Springer Verlag, 1962.

[2] Kern, D. Q. și Kraus, A. D. *Extended surface heat transfer.* New York, McGraw-Hill, 1972.

[3] *V.D.I. — Wärmeatlas.* Düsseldorf, V.D.I. — Verlag, 1963.

[4] * * * *Determinarea experimentală a caracteristicilor de schimb de căldură și pierderi de presiune la fascicole de țevi cu aripioare joase. Nomograme de calcul.* Contract de cercetare nr. 324/1977, Catedra de centrale electrice, Institutul politehnic București.

[5] *Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association.* Ed. a 5-a, New York, 1970.

(Articol intrat în redacție la 28 martie 1980)

Capacitatea de dezaerare—criteriu nou în aprecierea calității uleiurilor de turbină

Ing. W. Gooss*)

Generalități

Odată cu creșterea puterii grupurilor folosite în centralele termoelectrice în ultimii ani condițiile de exploatare a uleiurilor de turbină, au devenit din ce în ce mai severe. În această situație uleiurile trebuie să prezinte calități superioare, care să satisfacă cerințele sistemelor de ungere și de reglaj ale agregatelor.

Astfel, se urmărește, pe lîngă îmbunătățirea calității uleiurilor de turbină, ce se realizează printr-o selecționare atentă a materiei prime și prin aplicarea unor tehnologii moderne de fabricație, și posibilitatea utilizării unor criterii noi, care să permită atît caracterizarea cît mai completă a uleiurilor noi, cît și exploatarea sigură a turbinelor de putere mare.

Un astfel de criteriu, care pentru uleiurile aditivate de turbină este de importanță maximă, îl constituie capacitatea de dezaerare.

Pentru a reliefa importanța acestui nou criteriu, cît și necesitatea introducerii lui în seria testelor de performanță ce stau la baza aprecierii calității uleiurilor, se impune analizarea acestuia.

Se știe că uleiurile minerale pot conține, sub formă dizolvată, pînă la aprox. 10 % vol. aer.

Pe lîngă aerul dizolvat, uleiurile minerale pot absorbi și aer ca fază dispersă, iar proprietatea uleiului de a elimina aerul dispersat se definește prin capacitatea de dezaerare.

Această caracteristică nu constituie o măsură pentru conținutul aerului absorbit, dar reprezintă o măsură pentru viteza de eliminare a aerului din ulei. Acest lucru este de mare importanță pentru rezervorul de ulei al circuitului de ungere al unei turbine.

Cantitatea de aer remanent, care depinde de o serie de factori — temperatura uleiului, particularități constructive ale rezervorului și capacitatea de dezaerare a unui ulei — are o serie de influențe nedorite, ca :

— reducerea rezistenței la oxidare și, prin aceasta, micșorarea duratei de întrebuințare continuă a uleiurilor prin .,oxigenarea'' acestora, cauzată de aerul dispersat în masa de ulei ;

— micșorarea rezistenței filmului de ungere, care în multe situații poate duce la frecare metal-metal și astfel la suprasolicitarea și chiar degradarea uleiurilor și a pieselor :

— funcționarea în frecare a părților componente din circuitele de comandă și reglaj datorită dispersiei de aer în ulei, care transformă uleiul dintr-un mediu incompresibil într-un mediu parțial compresibil.

Oxidarea uleiurilor, inițierea și desfășurarea acestui proces de ,,îmbătrînire'', a făcut obiectul mai multor studii [1], [2], [3] și nu va mai fi arătată aici.

În cele ce urmează vor fi privite critic neajunsurile ce apar datorită dispersiei de aer în ulei în sistemele de comandă și de reglaj.

În cazul pompelor de ulei de turbină, este evident că acestea se comportă complet diferit dacă în locul unui mediu incompresibil se va vehicula un mediu parțial compresibil.

Datorită faptului că aerul dispersat înlocuiește proporțional cantitatea corespunzătoare de ulei, cantitatea reală de ulei vehiculat va fi mai mică, micșorarea devenind cu atît mai pregnantă cu cît înălțimea de pompare, respectiv cantitatea de aer dispersat sînt mai mari [4].

În figura 1 se poate urmări ușor cum la aceeași înălțime de pompare debitul relativ scade odată cu creșterea cantității de aer dispersat în ulei, sau invers, cum la același debit relativ înălțimea de pompare va fi cu atît mai mică cu cît cantitatea aerului dispersat în ulei va fi mai mare.

La pompe de ulei al căror debit nu depășește cu mult volumul uleiului din circuit, dispersia de aer în ulei poate avea drept efect încetinirea sau neîndeplinirea diferitelor comenzi.

Deoarece majoritatea dispozitivelor de reglaj hidraulic nu lucrează cu sisteme statice de ulei, ci cu ulei ,,ungător'' prin duze, came de diafragmă etc. , se pot ivi și aici o serie de dificultăți cauzate de aerul dispersat, înregistrîndu-se fluctuații de presiune pe partea de ulei și prin aceasta pendularea sistemului de reglaj — neajuns care poate avea drept efect oprirea turbinei.

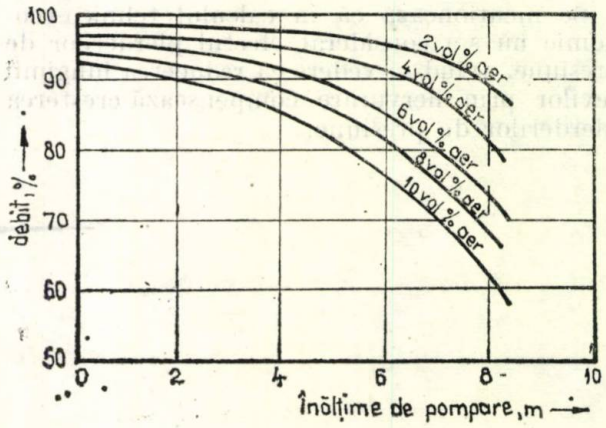


Fig. 1.

Din cele arătate rezultă că uleiurile minerale aditivate și neaditivate de turbină trebuie să posede o foarte bună capacitate de dezaerare —

*) Ing. Werner Gooss este cercetător științific principal la ICEMENERG-București.

provenită din tehnologia de fabricație — pentru ca să confere posibilitatea unei exploatări sigure a turboagregatelor.

Metodă de determinare a capacității de dezaerare a uleiurilor

Capacitatea de dezaerare se determină prin intermediul aparaturii ce poate fi urmărită în figura 2, iar corpul propiu-zis, confecționat din sticlă termorezistentă, poate fi urmărit în figura 3.

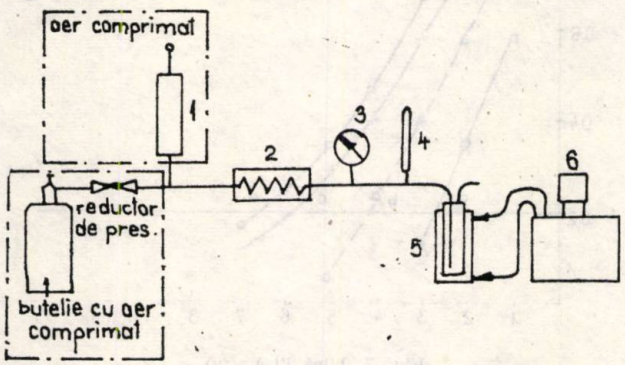


Fig. 2. Asamblarea aparatului pentru determinarea capacității de dezaerare.

1 — filtru de aer; *2* — dispozitiv de încălzire; *3* — manometru; *4* — termometru; *5* — corpul propriu-zis pentru măsurarea capacității de dezaerare; *6* — ultratermostat.

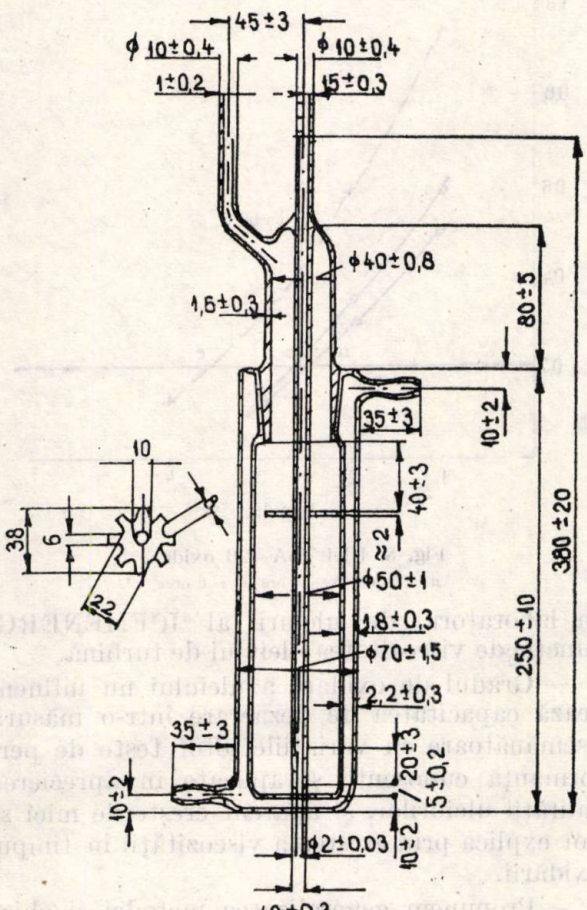


Fig. 3.

Se aerează o anumită cantitate de ulei (180 ml) timp de 420 secunde, la o presiune de 150 mm Hg, după care se întrerupe aerarea și se măsoară din minut în minut densitatea probei, prin intermediul unei balanțe hidraulice.

Capacitatea de dezaerare se determină grafic utilizînd valorile obținute prin aplicarea formulei :

$$A = \frac{\rho_0 - \rho_x}{\rho_0 - \rho_{aer}} \cdot 100,$$

în care

A este conținutul de aer dispersat, în % vol. ;

ρ_0 — densitatea probei neaerate ;

ρ_x — densitatea probei aerate la intervale de timp $x = 1,\ 2,\ 2;\ 4{,}5$ minute ;

ρ_{aer} — densitatea aerului la temperatura de lucru.

Reprezentînd grafic $A = f$ (timp), se obține o curbă care, intersectată cu dreapta ce marchează un conținut de 0,2 % vol. aer dispersat, duce la obținerea timpului de dezaerare a unui ulei.

În final se vor putea urmări, într-o serie de figuri, capacitățile de dezaerare ale unor uleiuri aditivate de turbină determinate la 25 și 50°C.

Corelarea variațiilor acestui criteriu cu testele de performanță, funcție de gradul de oxidare al uleiurilor, va face obiectul unui alt articol.

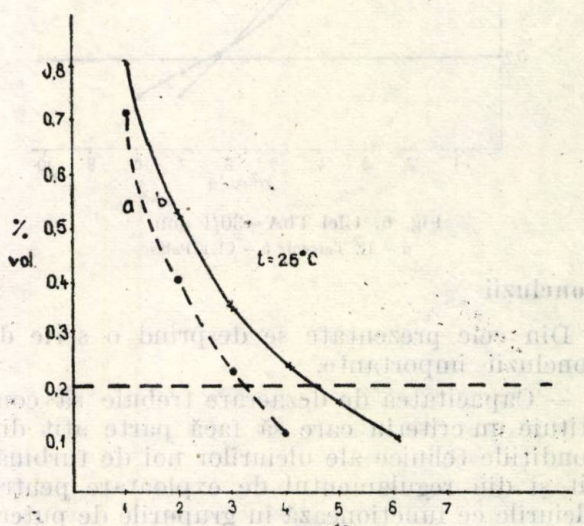


Fig. 4. Ulei TbA—20 nou.

a — IE Brazi, tura 990; *b* — UE Iași, tura 1119.

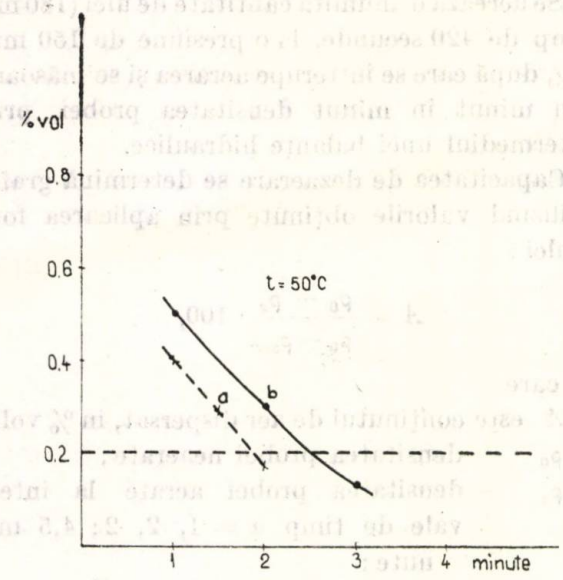


Fig. 5. Ulei TbA—20.

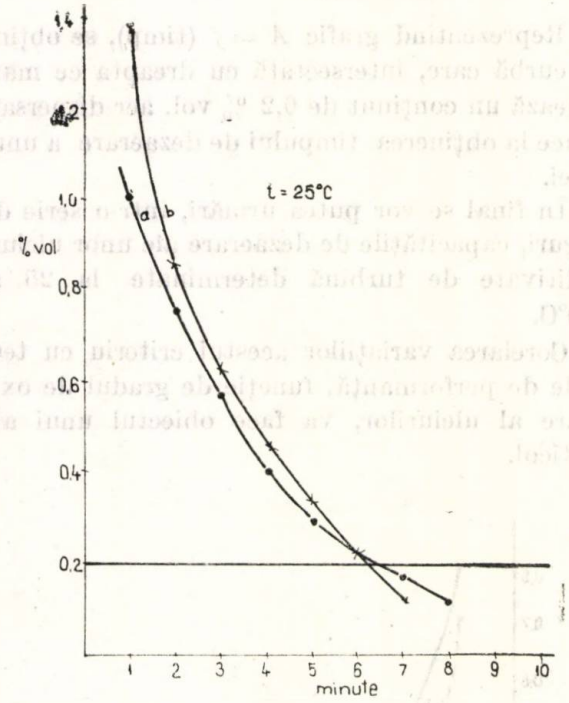


Fig. 6. Ulei TbA—30/I nou.
a — IE Turceni; *b* — CET Palas.

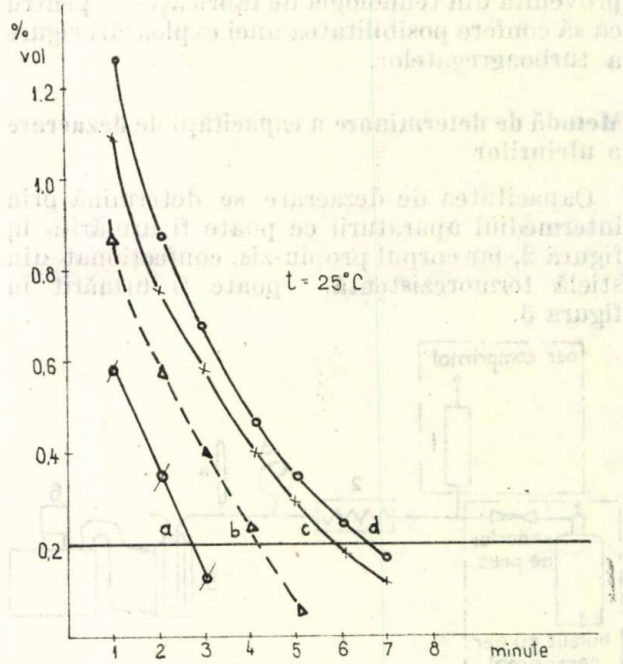


Fig. 7. Ulei TbA—20.
a — ulei nou; *b* — 2 ore oxidat fotochimic; *c* — 4 ore oxidat fotochimic; *d* — 6 ore oxidat fotochimic.

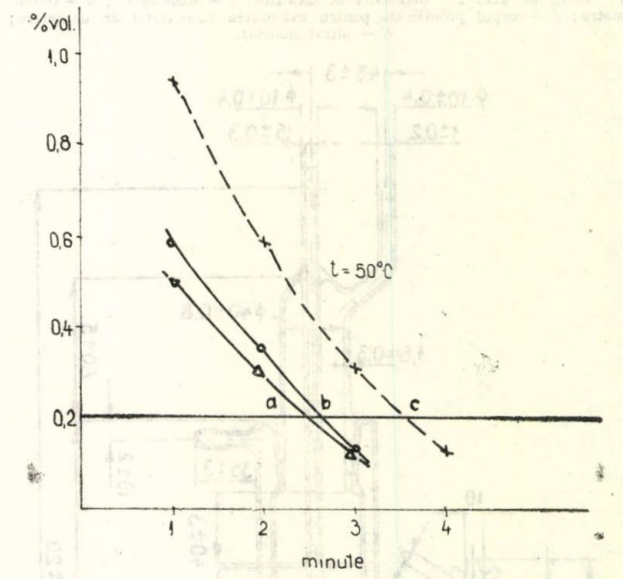


Fig. 8. Ulei TbA—20 oxidat.
a — 2 ore; *b* — 4 ore; *c* — 6 ore.

Concluzii

Din cele prezentate se desprind o serie de concluzii importante.

— Capacitatea de dezaerare trebuie să constituie un criteriu care să facă parte atît din condiţiile tehnice ale uleiurilor noi de turbină, cît şi din regulamentul de exploatare pentru uleiurile ce funcţionează în grupurile de putere mare din centralele termoelectrice româneşti.

— Se observă o variaţie concludentă a timpilor de dezaerare, obţinută prin determinările în laboratorul de uleiuri al ICEMENERG, funcţie de viscozitatea uleiului de turbină.

— Gradul de oxidare a uleiului nu influenţează capacitatea de dezaerare într-o măsură asemănătoare cu variaţiile altor teste de performanţă cunoscute şi aplicate în aprecierea calităţii uleiurilor, şi aparent creşterile mici se pot explica prin creşterea viscozităţii în timpul oxidării.

— Propunem generalizarea metodei şi chiar aplicarea ei la uleiurile hidraulice.

Bibliografie

[1] Wilson, A.C.M. *The service performance of steam oils; oxydation stability and the predominant causes of service degradation.* În: Journ. of the Institute of Petroleum, 59, nr. 566, 1973, p. 432.

[2] Hubmann, A., Pass, F. şi Lanik, A. *Bewertungskriterien legierter Turbinenöle.* În: Erdöl und Erdgas Zeitschrift, nr. 87, 1971, p. 163.

[3] Appeldoorn, J. K., Pacor, P. şi Riddel, V. *Head corrosion and oil oxydation.* În: Nature (Londra), 239, nr. 5373, 1972, p. 451.

[4] Aldrian, W. *Der Einfluss des Luftabscheidevermögens von Turbinenöl auf den Turbinenbetrieb.* În: VGB Kraftwerkstechnik, 53, nr. 7, iulie 1973.

(Articol intrat în redacţie la 2 aprilie 1980)

Performanţele generatorului asincron dintr-o microcentrală cuplată la sistemul energetic

Dr. ing. **M. Babescu**
şi Dr. ing. **I. Novac***)

În centralele electrice de putere mare şi foarte mare se folosesc, pentru conversia energiei electromecanice exclusiv, generatoare sincrone. Ele s-au impus ca urmare a posibilităţii acestora de a da sistemului energetic atît putere activă, cît şi reactivă. În funcţionarea lor, ele necesită o turaţie riguros constantă şi, din această cauză, în centralele electrice eoliene, în microhidrocentralele cu debit şi căderi variabile, unde se pune problema funcţionării generatorului electric la diverse turaţii, generatoarele sincrone nu sînt aplicabile.

În aceste situaţii, producerea energiei electromagnetice la turaţie variabilă se poate realiza cu generatorul asincron legat la sistemul energetic şi reglat pe inele, în sensul că tensiunea rotorică se impune printr-un ansamblu de mutatoare redresor-invertor. În plus, pentru sistemul energetic, generatoarele asincrone nu pun probleme de pendulare caracteristice generatoarelor sincrone.

În lucrarea de faţă, pe baza teoriei generale a maşinii asincrone, pentru armonica fundamentală, se determină performanţele electromecanice ale maşinii, analizîndu-se în special regimul de generator.

1. Schema electrică; ecuaţiile de funcţionare

Schema electrică este dată în figura 1. Maşina asincronă (MA), cuplată mecanic cu maşina energetică primară (MP), are inductorul legat la sistemul energetic, iar indusul la blocul de mutatoare M.

Blocul de mutatoare este format dintr-un redresor trifazat în punte, înseriat cu un invertor, legat la ieşire, prin intermediul transformatorului de adaptare TE, la sistemul energetic (de tensiune U_1 şi frecvenţă f_1).

Realizarea unor turaţii impuse de maşina energetică primară (MP) se face prin modificarea unghiului de comandă al tiristoarelor invertorului din blocul M şi, prin aceasta, se

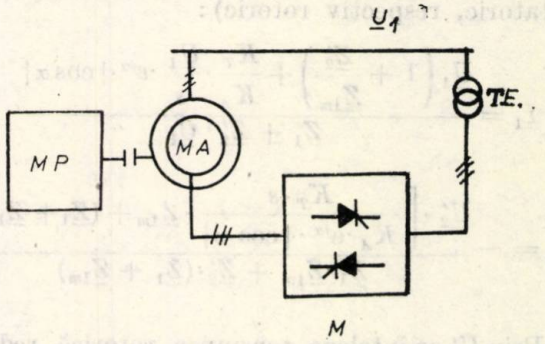


Fig. 1. Schema electrică a generatorului asincron reglat pe inelele rotorice.

modifică, ca valoare şi fază, tensiunea rotorică U_2 şi schimbul de putere dintre indus şi reţea, U_1.

Pentru calculul performanţelor maşinii se foloseşte schema electrică în T a maşinii asincrone dublu alimentate.

Rezolvarea schemei presupune precizarea, ca valoare şi fază, a tensiunii rotorice de la inele: U_2.

Redresorul fiind trifazat în punte, între tensiunea U_R de la ieşire şi tensiunea U_2 de la intrare există relaţia:

$$U_R = U_2 \cdot \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} \qquad (1)$$

Pentru unghiul α de comandă al tiristoarelor, între tensiunile de la intrarea şi de la ieşirea invertorului, se scrie formula de legătură:

$$U_R = \frac{3 \cdot \sqrt{6}}{\pi} \cdot U_I |\cos \alpha| \qquad (2)$$

Folosind ecuaţiile (1) şi (2), rezultă, pentru tensiunea rotorică U_2, valoarea:

$$U_2 = U_I \cdot |\cos \alpha| \qquad (3)$$

Dar cum $U_I \cong U_1/K_T$ (K_T fiind raportul de transformare al transformatorului TE), re-

*) Dr. ing. Marius Babescu este asistent la Facultatea de electrotehnică, I.P. „Traian Vuia"-Timişoara; dr. ing. Ioan Novac este profesor la aceeaşi facultate.

laţia (3) se transformă în :

$$U_2 = U_1 \cdot |\cos \alpha| / K_T \qquad (4)$$

Ca fază, se consideră, pentru armonica fundamentală, că ansamblul de mutatoare redresor-invertor defazează tensiunea U_2 în urma tensiunii U_1 cu unghiul α, iar transformatorul de adaptare introduce un defazaj de 180°, fiind în conexiune Yy−6. Cu aceste precizări, în scriere fazorială, tensiunea rotorică $\underline{U}_2$ se pune sub forma :

$$\underline{U}_2 = \frac{\underline{U}_1}{K_T} \cdot e^{j\alpha} \cdot |\cos \alpha| \qquad (5)$$

În aceste condiţii, sistemul de ecuaţii ce defineşte funcţionarea maşinii asincrone conduce la următoarele soluţii, pentru curenţii $\underline{I}_1$ şi $\underline{I}'_2$ (statoric, respectiv rotoric) :

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_1\left(1 + \frac{\underline{Z}'_2}{\underline{Z}_{1m}}\right) + \frac{K_T}{K_A} \cdot \frac{\underline{U}_1}{s} \cdot e^{j\alpha} \cdot |\cos \alpha|}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}'_2 \cdot \underline{C}_1} \qquad (6)$$

$$\underline{I}'_2 = -\frac{\underline{U}'_2 \cdot \left[\frac{K_T \cdot s}{K_A \cdot e^{j\alpha} \cdot |\cos \alpha|} \cdot \underline{Z}_{1m} + (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{1m})\right]}{\underline{Z}_1 \cdot \underline{Z}_{1m} + \underline{Z}'_2 \cdot (\underline{Z}_1 + \underline{Z}_{1m})} \qquad (7)$$

Prin $\underline{U}'_2$ se înţelege tensiunea rotorică redusă la stator în felul următor :

$$\underline{U}'_2 = K_A \cdot \underline{U}_2 / s = K_A \cdot \frac{\underline{U}_1}{K_T \cdot s} \cdot e^{j\alpha} \cdot |\cos \alpha| \qquad (8)$$

unde

$K_A = K_i = K_e = \dfrac{N_1 \cdot K_{B1}}{N_2 \cdot K_{B2}}$ — raportul de transformare al maşinii asincrone trifazate în rotor şi stator ;

$\underline{Z}_1, \underline{Z}'_2, \underline{Z}_{1m}$ — parametrii maşinii ;

s — alunecarea de funcţionare.

2. Cuplul electromagnetic

La o maşină asincronă dublu alimentată, expresia generală a cuplului electromagnetic este de forma :

$$M = \frac{3 \cdot p}{\Omega_1} \cdot U_1^2 \cdot \frac{(R'_2 + R'_a)/s}{\left(R_1 + C_1 \frac{R'_2 + R'_a}{s}\right)^2 + [X_1 + C_1(X'_2 + X'_a)]^2} \qquad (9)$$

unde impedanţa adiţională :

$$\underline{Z}'_a = \frac{R'_a}{s} + jX'_a \qquad (10)$$

se calculează din :

$$\underline{Z}'_a = \frac{\underline{U}'_2}{\underline{I}'_2} \qquad (11)$$

Folosind relaţia (7), se obţine, pentru $\underline{Z}'_a$, expresia :

$$\underline{Z}'_a = \frac{\underline{U}'_2}{\underline{I}'_2} = \frac{\underline{Z}_1 + \underline{Z}'_2 \cdot \underline{C}_1}{\underline{C}_1 + \frac{K_T \cdot s}{K_A \cdot e^{j\alpha} \cdot |\cos \alpha|}} \qquad (12)$$

Constanta complexă $\underline{C}_1$ fiind, în modul, foarte apropiată de 1, se ia în continuare, în calcule, egală cu unitatea.

Raţionalizînd numitorul expresiei (12), se obţine pentru impedanţa adiţională relaţia finală :

$$\underline{Z}'_a = \frac{A}{B} + j\frac{C}{D}, \qquad (13)$$

unde

$$A = -\left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)\cos \alpha - (X_1 + X'_2)\sin \alpha\right] \cdot (\cos \alpha \cdot |\cos \alpha| + s \cdot k^*) \cdot |\cos \alpha| - \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)\sin \alpha + (X_1 + X'_2)\cos \alpha\right] \cdot \sin \alpha \, |\cos \alpha|^2 \qquad (14)$$

$$B = [\cos \alpha \, |\cos \alpha| + s \cdot k^*]^2 + \sin^2 \alpha \cdot |\cos \alpha|^2 \qquad (15)$$

$$C = -\left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)\sin \alpha + (X_1 + X'_2)\cos \alpha\right] \cdot (\cos \alpha |\cos \alpha| + s.k^*) |\cos \alpha| + \left[\left(R_1 + \frac{R'_2}{s}\right)\cos \alpha - (X_1 + X'_2)\sin \alpha\right] \cdot \sin \alpha \, |\cos \alpha|^2 \qquad (16)$$

şi

$$K^* = K_A / K_T \qquad (17)$$

Indusul este scurtcircuitat pentru $\alpha = 90°$, cînd impedanţa adiţională $\underline{Z}'_a$ devine nulă.

3. Caracteristicile de funcţionare

Caracteristica mecanică $M = f(s)$ se obţine din relaţia (9) şi este o funcţie de parametrii maşinii, de alunecare şi de unghiul α de comandă al tiristoarelor invertorului din circuitul indusului.

Cuplul critic şi alunecarea critică se pot calcula, în principiu, prin derivarea expresiei (9), dar rezultatele obţinute nu conduc la soluţii

practice, datorită complexității lor (se obțin ecuații transcendente rezolvabile numai prin metode numerice).

Pentru obținerea caracteristicilor de funcționare, s-a folosit un program de calcul rulat pe un calculator FELIX C—256. Ordinograma de principiu pentru calculul performanțelor este dată în figura 2.

S-a putut trasa astfel familia de caracteristici cuplu-alunecare la unghiul α ca parametru.

Caracteristicile mecanice sînt date în figura 3.

Se observă cum în regim de generator valoarea cuplului critic crește cu mărirea unghiului de comandă al tiristoarelor. De asemenea, se modifică și valoarea alunecării pentru care cuplul devine nul (trecerea de la regimul de motor la cel de generator). Este de menționat faptul că în regimul de frînă modificările cuplului la diverse unghiuri de comandă nu sînt importante.

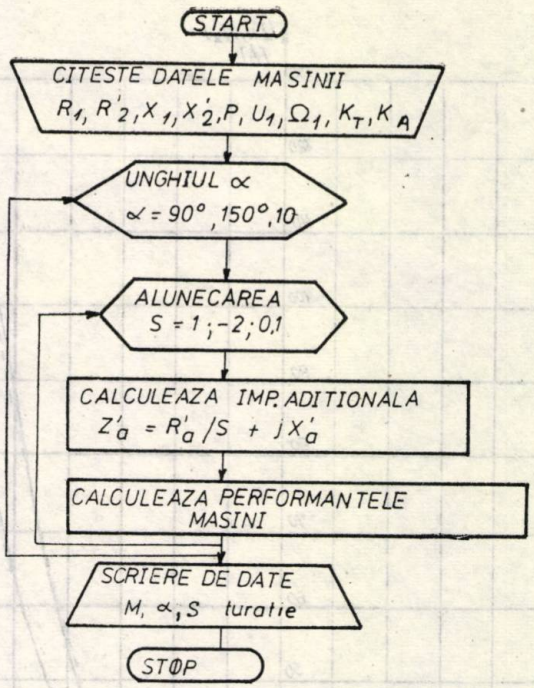


Fig. 2. Ordinograma de calcul a caracteristicilor de funcționare.

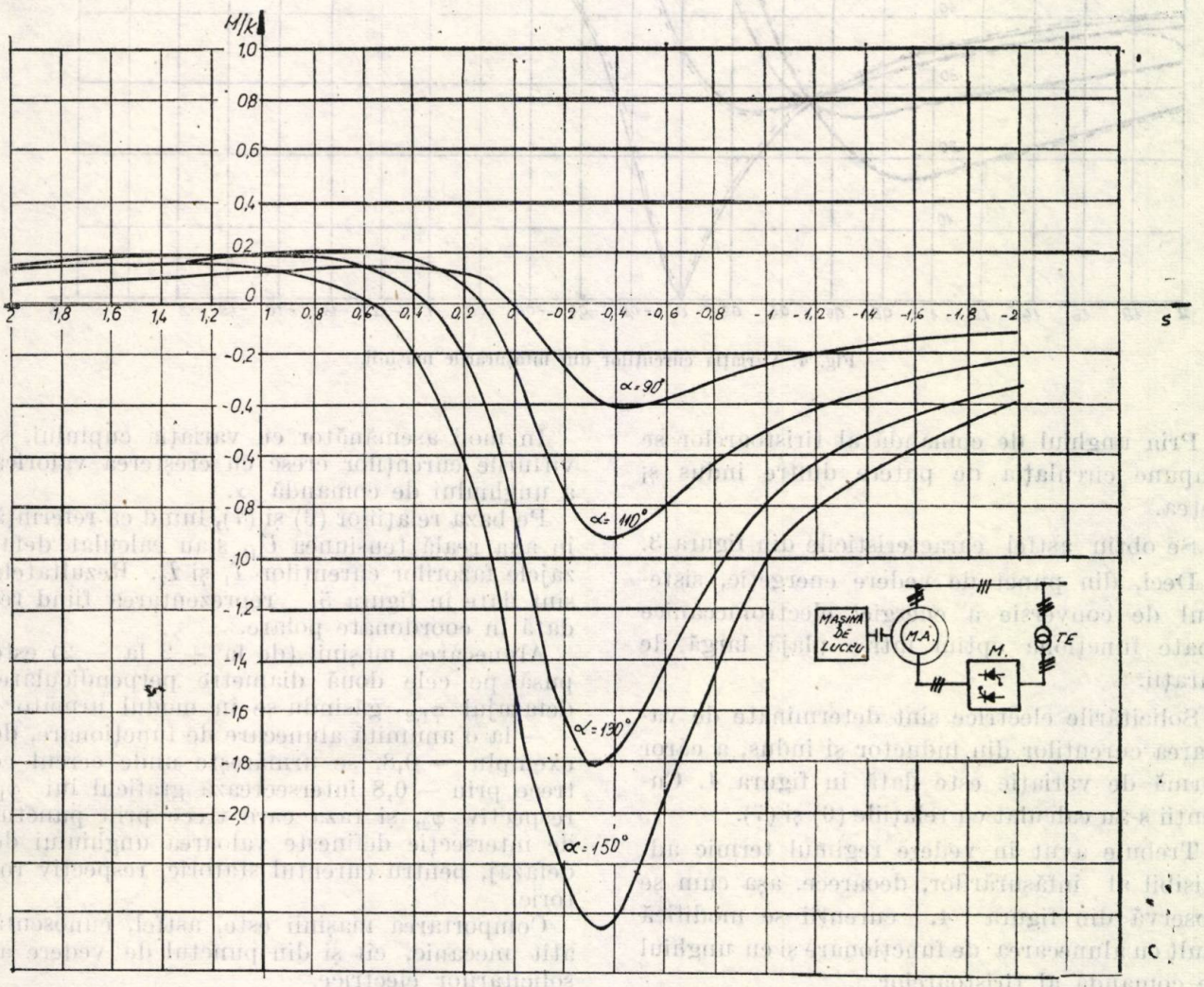


Fig. 3. Caracteristicile mecanice ale mașinii asincrone reglate pe inelele rotorice.

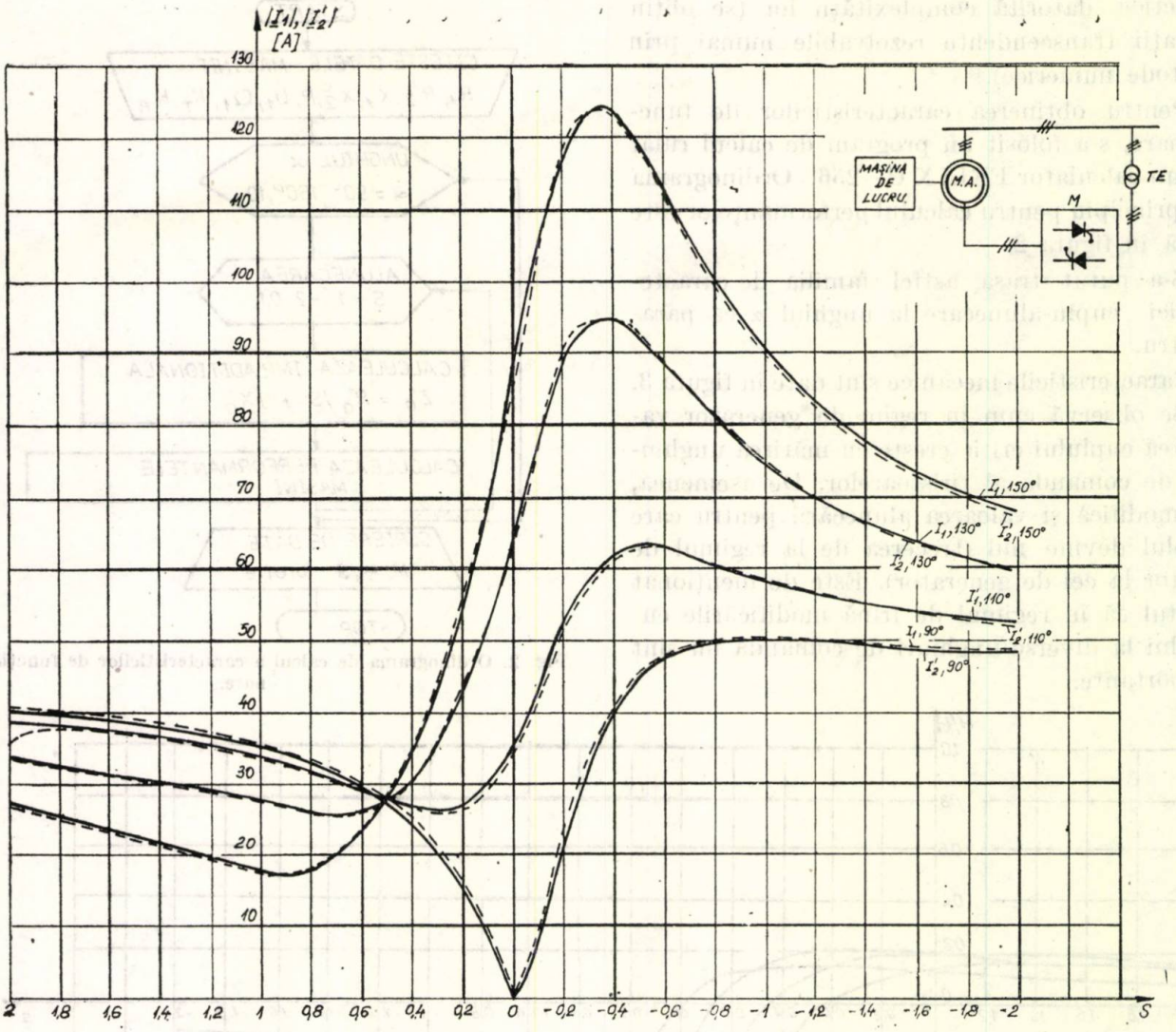


Fig. 4. Variaţia curenţilor din înfăşurările maşinii.

Prin unghiul de comandă al tiristoarelor se impune circulaţia de putere dintre indus şi reţea.

Se obţin astfel caracteristicile din figura 3.

Deci, din punct de vedere energetic, sistemul de conversie a energiei electromecanice poate funcţiona optim într-o plajă largă de turaţii.

Solicitările electrice sînt determinate de valoarea curenţilor din inductor şi indus, a căror formă de variaţie este dată în figura 4. Curenţii s-au calculat cu relaţiile (6) şi (7).

Trebuie avut în vedere regimul termic admisibil al înfăşurărilor, deoarece, aşa cum se observă din figura 4, curenţii se modifică mult cu alunecarea de funcţionare şi cu unghiul de comandă al tiristoarelor.

În mod asemănător cu variaţia cuplului, şi vîrfurile curenţilor cresc cu creşterea valorică a unghiului de comandă α.

Pe baza relaţiilor (6) şi (7), luînd ca referinţă în axa reală tensiunea $\underline{U}_1$, s-au calculat defazajele fazorilor curenţilor $\underline{I}_1$ şi $\underline{I}'_2$. Rezultatele sînt date în figura 5, reprezentarea fiind redată în coordonate polare.

Alunecarea maşinii (de la + 2 la — 2) este pusă pe cele două diametre perpendiculare, defazajul $\varphi_{1.2}$ găsindu-se în modul următor:

— la o anumită alunecare de funcţionare, de exemplu — 0,8, se urmăreşte unde cercul ce trece prin — 0,8 intersectează graficul lui φ_1, respectiv φ_2, şi raza care trece prin punctul de intersecţie defineşte valoarea unghiului de defazaj, pentru curentul statoric, respectiv rotoric.

Comportarea maşinii este, astfel, cunoscută atît mecanic, cît şi din punctul de vedere al solicitărilor electrice.

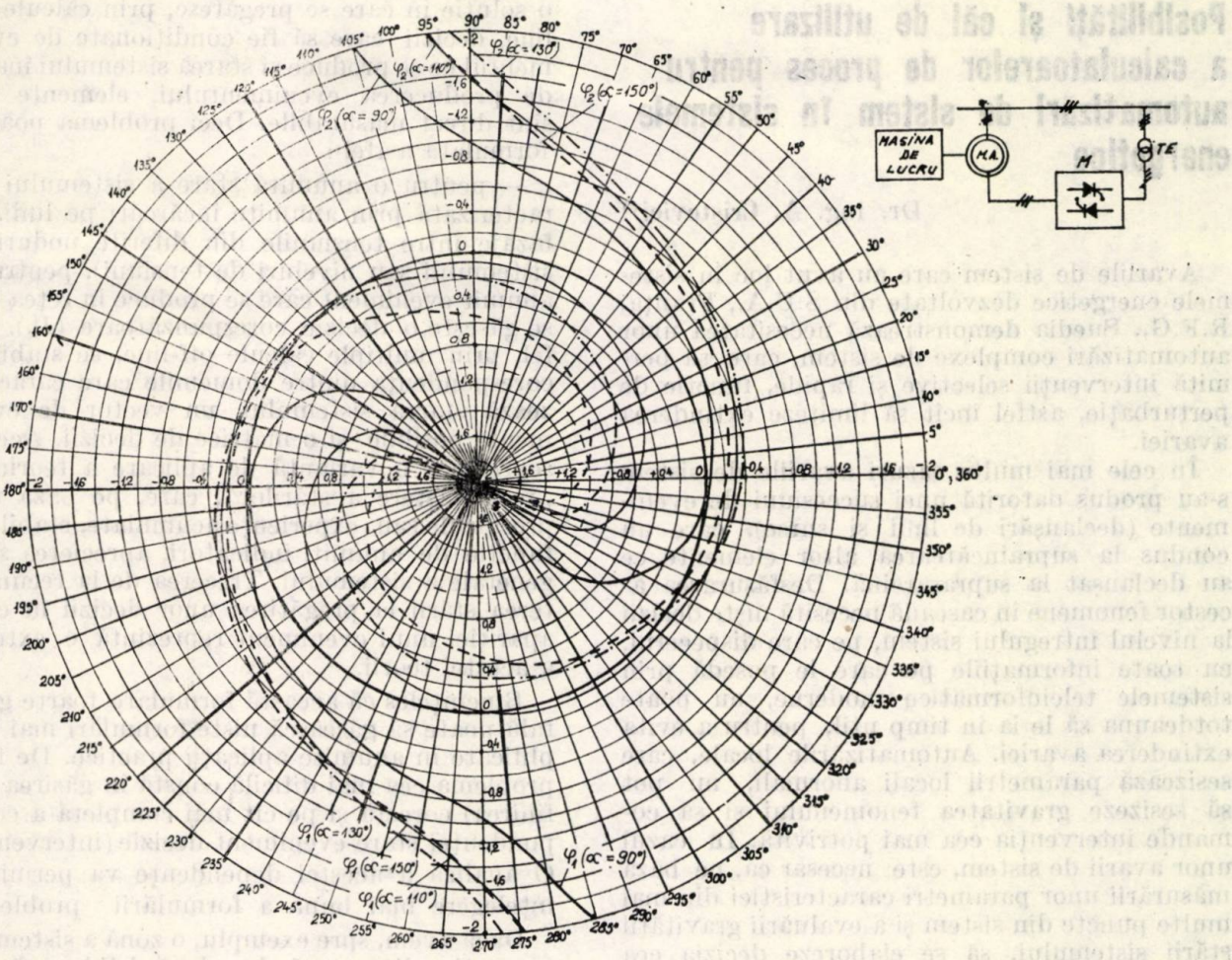


Fig. 5. Variația defazajelor curenților statoric și rotoric cu alunecarea de funcționare.

Concluzii

Pe baza rezultatelor obținute se cunosc performanțele mașinii asincrone, reglată pe inelele indusului printr-un bloc de mutatoare redresor-invertor.

Sistemului de conversie a energiei electromecanice i se cunosc, astfel, limitele modificărilor mărimilor fundamentale.

Pentru o situație dată, optimă energetic pentru mașina primară, este precizată turația și cuplul generatorului, astfel că rezultă valoarea necesară pentru unghiul de comandă al tiristoarelor.

Bibliografie

[1] Dordea, T. *Mașini electrice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1970.

[2] Kelemen, A. *Acționări electrice.* Editura didactică și pedagogică, București, 1976.

[3] Fransua, Al. și colectiv. *Mașini și sisteme de acționări electrice.* Editura tehnică, București, 1978.

(Articol intrat în redacție la 5 februarie 1980)

Posibilităţi şi căi de utilizare a calculatoarelor de proces pentru automatizări de sistem în sistemele energetice

Dr. ing. **A. Cristovici***)

Avariile de sistem care au avut loc în sistemele energetice dezvoltate din S.U.A., Franţa, R.F.G,. Suedia demonstrează necesitatea unor automatizări complexe de sistem, care să permită intervenţii selective şi rapide, funcţie de perturbaţie, astfel încît să limiteze extinderea avariei.

În cele mai multe cazuri avariile de sistem s-au produs datorită unei succesiuni de evenimente (declanşări de linii şi surse), care au condus la supraîncărcarea altor elemente, ce au declanşat la suprasarcină. Desfăşurarea acestor fenomene în cascadă necesită nişte decizii la nivelul întregului sistem, pe care dispecerul, cu toate informaţiile pe care le posedă prin sistemele teleinformatice moderne, nu poate totdeauna să le ia în timp util, pentru a evita extinderea avariei. Automatizările locale, care sesizează parametrii locali anormali, nu pot să sesizeze gravitatea fenomenului şi să comande intervenţia cea mai potrivită. În cazul unor avarii de sistem, este necesar ca, pe baza măsurării unor parametri caracteristici din mai multe puncte din sistem şi a evaluării gravităţii stării sistemului, să se elaboreze decizia cea mai potrivită pentru evitarea extinderii fenomenului. Aceste intervenţii, care trebuie efectuate pe baza unei logici complexe, pot fi rezolvate în această etapă prin calculatoare de proces, care permit efectuarea unei mare volum de calcule şi elaborarea unor decizii într-un timp foarte scurt.

1. Posibilităţile de utilizare a calculatoarelor de proces

În cazul apariţiei unei perturbaţii în reţea, cu toată viteza mare de calcul, nu este posibilă efectuarea calculului de desfăşurare a fenomenului, aprecierea consecinţelor şi elaborarea deciziei. Aceasta cu atît mai mult cu cît, pentru evaluarea consecinţelor şi elaborarea deciziei, este foarte greu să se formuleze nişte criterii generale. De asemenea, pînă la efectuarea unui calcul complet asupra consecinţelor perturbaţiei, s-ar putea ca intervenţia care se elaborează să fie tardivă.

O soluţie mult mai practică, care satisface atît necesitatea de selectivitate, cît şi de rapiditate, în elaborarea intervenţiei, o constituie o soluţie în care se pregătesc, prin calcule off-line, decizii care să fie condiţionate de evenimentul ce se produce şi starea sistemului înainte de producerea evenimentului, elemente care sînt direct măsurabile. Deci problema poate fi formulată astfel :

— pentru o anumită stare a sistemului (caracterizată prin anumite încărcări pe linii, defazaje între tensiunile din diferite noduri ale sistemului sau niveluri de tensiuni), pentru un anumit eveniment care se produce în reţea (E_i), se găseşte o decizie corespunzătoare (D_i). Astfel, prin multiple calcule off-line, se stabileşte corespondenţa dintre domeniile care caracterizează starea sistemului, un vector de evenimente posibile şi o matrice de decizii. Aceasta reprezintă o variantă de aplicare a teoriei de „recunoaştere a stărilor", care, pe baza unor precalcule sau experienţe acumulate, stabileşte, funcţie de anumiţi indicatori, aprecierea stării generale a sistemului. Trecerea de la recunoaşterea stării la pregătirea unor decizii în cazul apariţiei unui eveniment reprezintă o extensie a acestei teorii.

Bineînţeles că această formulare foarte generală poate să găsească nişte formulări mai simplificate în anumite aplicaţii practice. De fapt, problema cea mai dificilă constă în găsirea (definirea) corectă şi pe cît mai completă a corespondenţei stare-eveniment-decizie (intervenţie). O analiză a acestei dependenţe va permite o înţelegere mai bună a formulării problemei.

Dacă avem, spre exemplu, o zonă a sistemului energetic alimentată de două LEA şi fiecare are o capacitate de transport de 900 MW, încărcarea iniţială a fiecărei linii fiind de 600 MW, este evident că la declanşarea uneia din linii se depăşeşte capacitatea liniei rămase în funcţiune. În aceste condiţii trebuie rapid elaborată intervenţia să se sacrifice 300 MW din zona deficitară. Dacă, însă, iniţial cele două linii erau încărcate la numai 200 MW fiecare, este evident că prin declanşarea uneia din linii nu se produce nici o depăşire a capacităţii de transport a liniei rămase în funcţiune şi deci nu trebuie elaborată nici o intervenţie, ci avertizat operatorul (dispecerul) că sistemul se află într-o nouă stare.

Din acest exemplu rezultă că prin alegerea deciziei se efectuează implicit şi o dozare (optimizare) a deciziei, alegîndu-se secţiunea cea mai potrivită pentru perechea de mărimi stare-eveniment.

Este, însă, uşor de văzut că în cazul unei scheme mai complexe, în care condiţiile de caracterizare a stării iniţiale necesită mai multe mărimi de controlat, sau în cazul producerii mai multor evenimente sau a unei succesiuni de evenimente, se trece într-un domeniu multidimensional în care trebuie să existe

*) Dr. ing. Andrei Cristovici este şeful Serviciului regimuri speciale din ISPE.

și o logică a priorităților, în cazul unor evenimente multiple, în sensul alegerii și ponderării intervențiilor.

2. Algoritmul pentru selectarea intervențiilor și priorităților într-un sistem de automatică

Funcție de configurația sistemului urmărit, care rezultă din proces prin culegerea poziției unor întreruptoare și separatoare, trebuie să se stabilească :

— mărimile de stare caracteristice, care definesc starea inițială ;

— prioritatea evenimentelor, care necesită diferite tipuri de decizii (intervenții).

Mărimile de stare, de obicei, se selectează printr-un program de stabilitate statică sau dinamică și printr-un program de sensibilitate prin care se stabilesc parametrii direct măsurabili care dau variația cea mai semnificativă în cazul unei anumite perturbații. Aceste mărimi de stare direct măsurabile sînt : puterea pe anumite linii, transformatoare sau generatoare mari, tensiunea în anumite noduri ale sistemului. Mărimile de stare ce se pot ușor calcula sînt unghiurile dintre anumite noduri ale sistemului.

Vectorul de evenimente urmărite se stabilește pentru fiecare stare în parte : el trebuie ordonat prioritar, funcție de corespondența dintre stare și eveniment și care trebuie să genereze intervențiile cele mai semnificative. Astfel, prioritatea evenimentelor urmărite poate fi : declanșarea unei linii, acționarea unui releu special pus pentru sesizarea unor perturbații (pendulații, depășirea unei puteri pe un anumit element, scăderea tensiunii pe anumite bare, scăderea frecvenței etc.), demaraje sau acționări ale unor protecții etc.

Avînd stabilite nărimile de stare ce se urmăresc și prioritatea vectorului de evenimente, pe baza măsurării din proces a mărimilor de stare, se stabilesc vectorii sau matricele de decizie corespunzătoare stării și priorităților din vectorul de evenimente.

În această stare, programul rămîne „în așteptare".

La producerea unui eveniment se formează și se decodifică decizia corespunzătoare mărimilor stare-eveniment. Pentru siguranța acțiunii, această subrutină se rulează de două ori și, dacă rezultatele coincid, înseamnă că se poate trece la execuție.

De obicei, decizia în ordine semnificativă poate fi :

— intervenții (declanșări de consum, încărcări de centrale), dozate în funcție de evenimentul produs ;

— ghid operator — prin care se indică o serie de corecții ce trebuie să le facă operatorul

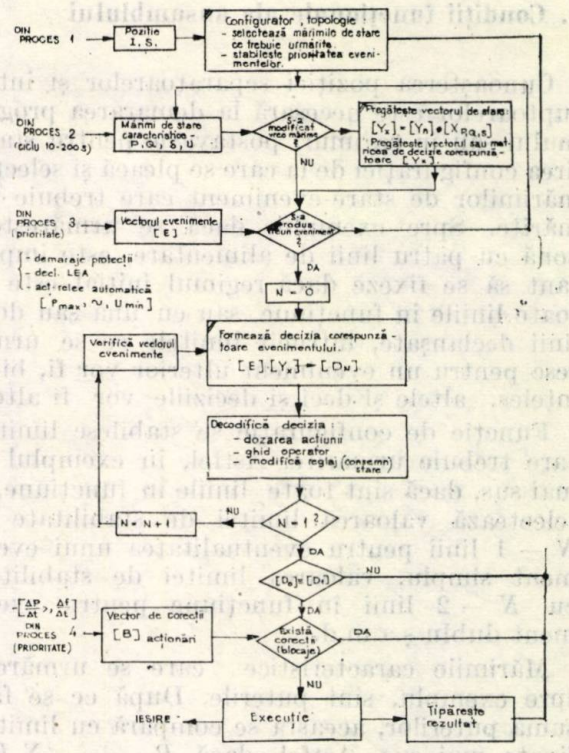


Fig. 1. Algoritm general de acționare a automaticii după principiul „recunoașterii stărilor" — eveniment — decizie.

într-un timp relativ mai lung (porniri de grupuri, compensatoare, reglaj de tensiuni etc.) ;

— schimbări de consemn în vectorul de stare sau priorități în vectorul de evenimente (de fapt o adaptare a sistemului pentru un alt eveniment ce ar putea să urmeze în starea de postavarie).

Execuția deciziei poate fi permisă sau blocată, în funcție de anumite controale suplimentare, cum ar fi variația unor mărimi în momentul producerii evenimentului (ceea ce indică gravitatea perturbației) sau controlul suplimentar al unor mărimi după producerea evenimentului (de obicei mărimi care pot varia rapid, prin salt).

După execuția acțiunii, prin reluarea întregului algoritm se pregătește acțiunea pentru regimul postavarie. Prin aceasta se creează un sistem autoadaptativ, care poate supraveghea și un șir de evenimente succesive.

Pentru realizarea acestei funcțiuni este necesar ca subrutina de selecție a mărimilor de stare și a priorităților din vectorul de evenimente să fie deosebit de bine elaborată, iar matricea de decizie să fie elastică din punct de vedere al posibilităților. Aceasta necesită un volum mare de analize off-line, pentru a se crea cît mai multe scenarii care să asigure o bună selectivitate și să acopere o gamă mare a evenimentelor sau a succesiunii de evenimente. Acest algoritm este specific fiecărei aplicații, avînd însă niște elemente generale, care se prezintă în cele ce urmează.

3. Condiţii funcţionale ale ansamblului

Cunoaşterea poziţiei separatoarelor şi întreruptoarelor este necesară la demararea programului sau în regimuri postavarie pentru stabilirea configuraţiei de la care se pleacă şi selecţiei mărimilor de stare-eveniment care trebuie urmărite. Spre exemplu, dacă se urmăreşte o zonă cu patru linii de alimentare, este important să se fixeze dacă regimul iniţial este cu toate liniile în funcţiune, sau cu una sau două linii declanşate, întrucît limitele ce se urmăresc pentru un eveniment ulterior vor fi, bineînţeles, altele şi deci şi deciziile vor fi altele.

Funcţie de configuraţie se stabilesc limitele care trebuie urmărite. Astfel, în exemplul de mai sus, dacă sînt toate liniile în funcţiune, se selectează valoarea limitei de stabilitate cu $N-1$ linii pentru eventualitatea unui eveniment simplu, valoarea limitei de stabilitate cu $N-2$ linii în funcţiune pentru eveniment dublu ş.a.m.d.

Mărimile caracteristice care se urmăresc, spre exemplu, sînt puterile. După ce se face suma puterilor, aceasta se compară cu limitele fixate mai sus. Astfel, dacă $P_{lim(N-2)} < \Sigma P < P_{lim(N-1)}$, se stabilesc deciziile: pentru un eveniment dublu va fi necesară sacrificarea unei puteri egale cu $\Delta P = \Sigma P - P_{lim(N-2)}$ şi, dintr-un tabel, se selectează consumatorii care ar trebui sacrificaţi pentru realizarea acestei cote în cazul unui eveniment dublu. Întrucît, în mod normal, pe linii nu trebuie să fie fluctuaţii mari, informaţia despre suma puterilor pe liniile controlate poate să fie culeasă ciclic, la intervale relativ mari, pînă la ordinul minutelor, avînd în vedere că această informaţie are rolul numai de pregătire a deciziei. Realizarea unei scrutări cu ciclu lung uşurează condiţiile pentru reţeaua de telетransmisii.

Schema astfel pregătită se află „în aşteptare". În cazul producerii unui eveniment, spre exemplu declanşarea unei linii sau acţionarea unui releu special, care indică o creştere bruscă a puterii sau apariţia unor pendulaţii, se selectează şi se ordonă decizia.

Producerea unui eveniment trebuie transmisă prioritar şi cu viteza maximă posibilă. Astfel, timpul de intervenţie de la producerea unui eveniment va fi timpul de transmitere a evenimentului pînă în calculator + timpul de selecţie a deciziei (care este practic zero, decizia fiind de acum pregătită) şi timpul de execuţie a comenzii. În acest sistem se realizează deziderатul de rapiditate a intervenţiilor, în cazul unor avarii grave.

Numărul de tipuri de decizii posibile fiind practic limitat (deconectări de consum, descărcări sau deconectări de grupuri), algoritmele se simplifică mult ca structură, însă necesită un volum mare de memorie, dacă se doreşte o dozare fină a acţiunii.

Din punctul de vedere al siguranţei în funcţionare, problema se pune în modul următor:

a) Pentru evitarea impulsurilor false, se pot introduce prin soft subrutine de validare a informaţiilor şi plauzibilitate logică a informaţiei, care în cazul unor perturbaţii să blocheze acţionarea. De asemenea se pot introduce condiţii suplimentare, care să permită acţionarea numai dacă asociat evenimentului înregistrat se produce şi acţionarea unui anumit releu de sesizare a perturbaţiei. Practic, protecţia împotriva acţionărilor false poate fi realizată total, fiind necesară o siguranţă mare a echipamentelor de execuţie.

b) Pentru asigurarea bunei funcţionări a instalaţiei în caz de necesitate, se impune condiţia (ca şi la instalaţiile clasice) ca tot lanţul de culegere-transmitere-prelucrare-elaborare decizie-execuţie să răspundă corect la solicitări.

4. Exemplu de analiză

Fie o zonă deficitară de sistem, alimentată de 4 linii (ca în cazul de mai sus).

Regimurile iniţiale posibile sînt: cu toate liniile în funcţiune, cu 3 linii în funcţiune, cu 2 linii în funcţiune sau numai cu o linie în funcţiune. Pentru aceste regimuri, cu toate combinaţiile posibile, rezultă 15 limite de stabilitate din condiţia de configuraţie iniţială, care mai pot fi completate cu un număr variabil de limite suplimentare, funcţie de structura grupurilor în funcţiune (dacă există fizic aceste informaţii) sau cu nişte coeficienţi de pondere.

Deci pentru o configuraţie dată (cu toate liniile în funcţiune) sînt 4 limite de stabilitate pentru un eveniment simplu, 6 limite de stabilitate pentru evenimente duble şi 4 limite de stabilitate pentru evenimente triple.

Se iau în consideraţie evenimentele duble şi triple, avînd în vedere că configuraţia iniţială poate fi cu o linie retrasă, în care caz un eveniment simplu este echivalent cu un eveniment dublu, pentru schema cu toate liniile în funcţiune.

Cunoscînd aceste limite şi configuraţia iniţială, se poate calcula, funcţie de ΣP, pe liniile în funcţiune, cît va fi ΔP_k în cazul evenimentului E_k. Din lista de consumatori sacrificabili, se aleg M_i consumatori care asigură reducerea sarcinii cu ΔP_k. Deci în momentul producerii evenimentului E_k este pregătită lista cu consumatorii care trebuie sacrificaţi.

Concluzii

1. Calculatoarele de proces pot fi utilizate pentru realizarea unei automatizări de sistem, prin care se poate elabora decizia cea mai potrivită în cazul unor evenimente în sistem, în anumite zone sau noduri de sistem, funcţie de informaţiile ce pot fi aduse la calculator.

2. Pentru asigurarea deziderатului de selectivitate, rapiditate şi dozare a acţiunii, algoritmul se bazează pe principiile „recunoaşterii stărilor" şi extinderii acesteia pînă la nivel de decizie. Astfel prin asocierea stării sistemului anterioare evenimentului cu un eveniment produs, prin calculator se selectează decizia cea

mai bună, fără a se recurge la calcule de regim postavarie.

3. Datorită principiului adoptat, sistemului de culegere și transmitere a informațiilor nu i se impun condiții deosebite, esențială fiind transmiterea prioritară a unui număr relativ mic de evenimente, prin semnale binare.

4. Algoritmul prezentat este general, adaptarea acestuia pentru fiecare caz concret în parte necesitînd o analiză de sistem.

Bibliografie

[1] Andrews, H.C. *Introduction to the mathematical techniques in pattern recognition.* Willey Interscience.

[2] Knigt, U.G. *Moiens d'assistance pour le réglage de secours des réseaux électriques.* În: Electra nr. 67, dec. 1979.

[3] Venikov, V.A. *Avtomatizirovannie sistemi upravleniia rejimami energosistem.* În: Vissaia școla, 1979.

[4] Frey, H.A. și Singer, K. *Planification de la fiabilité des systèmes.* În: Revue Brown Boveri nr. 3, 1979.

(Articol intrat în redacție la 5 aprilie 1980)

Stabilirea secțiunilor economice pentru liniile electrice de distribuție în ipoteza unor creșteri în timp ale sarcinii și ale costului specific al consumurilor tehnologice de energie

Conf. dr. ing. **Pavel Buhuș** și șef lucr. ing. **Gh. Comănescu***)

1. Premise teoretice [1], [4]

În cazul unei linii electrice de distribuție, cheltuielile actualizate totale corespunzătoare unei durate de exploatare t suficient de îndelungate pot fi exprimate sub forma

$$CAT = (B + K \cdot s) \cdot L + C_{ex} + \frac{\rho \cdot L}{s} \cdot \frac{S_M^2}{U_n^2} \cdot (c_p + c_w \cdot \tau \cdot T_t) \qquad (1)$$

Semnificația notațiilor este prezentată în anexă.

Anulînd derivata expresiei (1) în raport cu secțiunea s, se obțin următoarele expresii ale celor doi indicatori care pot fi folosiți pentru dimensionarea economică a unei linii cu o sarcină concentrată la capăt:

— secțiunea unitară economică:

$$a_S = \sqrt{\frac{\rho c_{pw}}{U_n^2 K}} \quad [\text{mm}^2/\text{kVA}] \qquad (2)$$

— densitatea economică de curent:

$$j = \sqrt{\frac{K}{3 \rho c_{pw}}} \quad [\text{A/mm}^2] \qquad (3)$$

Între acești doi indicatori există relația:

$$a_S j = \frac{1}{\sqrt{3} U_n} \qquad (4)$$

În proiectare, secțiunea economică de calcul poate fi determinată cu una dintre următoarele relații, în funcție de indicatorul care rezultă a fi mai comod de utilizat:

$$\sigma = a_S S_M \quad [\text{mm}^2] \qquad (5)$$

sau

$$\sigma = \frac{I_M}{j} \quad [\text{mm}^2] \qquad (6)$$

Secțiunea economică adoptată s_{ec} se alege în funcție de valorile discrete ale secțiunilor de care se dispune în practică.

Conform relațiilor (2) și (3), valorile indicatorilor pentru dimensionarea economică a liniilor de distribuție depind de costul specific al pierderilor de putere și energie, c_{pw}. Obișnuit, parametrii acestui cost specific total se admit a fi aproximativ constanți în timp și, deci, subliniind această ipoteză cu indicele suplimentar c

$$c_{pwc} = c_p + c_{w0} \tau T_t \quad [\text{lei/kW}], \qquad (7)$$

în care prin c_{w0} s-a notat valoarea costului specific al pierderilor de energie pe care proiectantul o poate cunoaște la momentul dimensionării,

— durata de calcul a consumurilor anuale poate fi determinată cu relația:

$$\tau = 8760\,(1240 + T_M)^2 \cdot 10^{-8} \qquad (8.a)$$

— valoarea actualizată a duratei de serviciu t se determină cu expresia [3]:

$$T_t = \sum_{i=1}^{t} (1 + a)^{-i} \qquad (8.b)$$

Precizăm că în relația (1) s-au mai avut în vedere următoarele premise:

— toate cheltuielile pe durata exploatării au fost actualizate la anul anterior intrării în funcțiune a liniei considerate;

— întrucît cheltuielile de investiții pentru realizarea liniei nu condiționează problematica studiată în lucrare, pentru simplificarea relației (1) aceste cheltuieli s-au considerat a fi în totalitate efectuate în anul de referință;

— durata de utilizare anuală a puterii maxime tranzitate prin linie este considerată constantă pe toată durata de calcul.

2. Scopul studiului

Spre deosebire de ipotezele de mai sus, în cele ce urmează ne propunem să analizăm cazul mai general în care atît sarcinile maxime

*) Institutul politehnic București.

anuale S, cît și costul specific al pierderilor de energie c_w pot prezenta creșteri în timp.

Variațiile acestor doi parametri se reflectă în structura ultimului termen al relației (1) și, în consecință, pot influența sensibil valorile celor doi indicatori, a_S și j, folosiți pentru dimensionarea economică a liniilor de distribuție.

Cu scopul de a modifica cît mai puțin metodologia de proiectare, ne propunem totuși ca pentru indicatorii a_S și j să utilizăm aceleași relații de definiție (2) și (3) ca și în cazul în care sarcina S și costul specific c_w sînt considerate constante în timp.

În aceste condiții, efectele dinamicii sarcinii și, respectiv, ale costului specific al pierderilor de energie urmează a fi puse în evidență și studiate prin intermediul costului specific total, c_{pw}. În acest scop — în locul relației (7), corespunzătoare unor parametri constanți — vom folosi următoarea expresie cu caracter mai general:

$$c_{pw} = k_p c_p + k_w c_{w0} \tau T_t \text{ [lei/kW]} \qquad (9)$$

În cele ce urmează se vor prezenta premisele cu privire la volumul și gradul de confidență al informației inițiale, precum și ipotezele de studiu privind dinamica sarcinii și a costului specific al pierderilor de energie. Pe această bază se vor stabili expresiile de calcul ale coeficienților k_p și k_w, cu ajutorul cărora — corespunzător unei anumite prognoze și folosind relațiile (9), (2) și (5) — poate fi determinată o valoare exactă a secțiunii economice de calcul.

În continuare se vor examina cîteva soluții de optimizare a metodei propuse, urmărindu-se simplitatea în aplicare, precum și posibilitatea unor corelări mai ușoare în timp cu tendința costurilor energiei pe piața mondială. În acest scop se va urmări reflectarea celor două dinamici considerate cu ajutorul unor multiplicatori ai secțiunii economice de calcul σ, determinate în ipoteza unor parametri constanți în timp. Se vor lua în considerare următoarele două ipoteze:

— reflectarea ambelor dinamici prin utilizarea unui singur multiplicator, k_{cS};

— reflectarea fiecăreia dintre cele două dinamici prin folosirea cîte unui multiplicator distinct, unul privind costul specific al pierderilor de energie, k_C, celălalt privind dinamica sarcinii, k_S.

3. Premise privind informația de care se dispune inițial

În momentul proiectării se presupun cunoscute următoarele elemente:

— sarcina maximă S_1, luată în considerare pentru anul de punere în funcțiune, respectiv primul an de exploatare a liniei;

— costul specific al pierderilor de energie c_{w0} din anul de proiectare, presupus a fi cel premergător anului de punere în funcțiune;

— o estimare cu privire la dinamica probabilă a sarcinii și, respectiv, a costului c_w, exprimată sub forma unor rate anuale medii, pe care le vom nota prin r_S și, respectiv, r_C;

— o eventuală creștere în salt a sarcinii, datorată unui consum suplimentar, planificat pentru perioada de după anul de punere în funcțiune a liniei.

Costul specific c_p al investiției în centrala care produce consumurile tehnologice, precum și durata de calcul al consumurilor tehnologice de energie se presupun a fi constante în timp.

În conformitate cu premisele de mai sus, ca *mărime de referință în cazul sarcinii* urmează a fi considerată valoarea maximă S_1 estimată pentru primul an de exploatare a liniei. Ca urmare, cel dintîi din șirul celor n ani de creștere cu rată r_S a sarcinii urmează a fi considerat cel de-al doilea an de exploatare sau, respectiv, primul din cadrul perioadei de după anul de punere în funcțiune a liniei.

Totodată, suprapunerea a încă unei eventuale creșteri în salt a sarcinii se presupune posibilă doar în cadrul aceleiași perioade — de după anul de punere în funcțiune a liniei — și anume în anul $m \leqslant n$.

În cazul costului specific al pierderilor de energie, *ca mărime de referință* c_{w0} se consideră costul din anul anterior punerii în funcțiune a liniei. Ca urmare, cel dintîi an de exploatare se consideră totodată ca fiind și primul dintre cei N ani de creșteri cu rată r_C în raport cu valoarea c_{w0} cunoscută la etapa de proiectare a liniei.

4. Ipotezele de studiu ale costului specific c_{pw}

În conformitate cu relația (7), acest studiu urmează a fi efectuat prin intermediul coeficienților k_p și k_w.

Expresiile acestor doi coeficienți vor fi scrise pe baza premiselor prezentate în paragraful precedent. Totodată, în cazul coeficientului k_p se va mai considera că efortul de investiții în centrala care urmează să furnizeze consumul tehnologic suplimentar — datorat creșterii sarcinii într-un anumit an — se realizează în prealabil, și anume cu un an mai devreme.

Expresia coeficientului privind creșterea investiției în centrale este:

$$k_p = 1 + \sum_{i=1}^{t-1} \frac{S_{i+1}^2 - S_i^2}{S_1^2 (1+a)^2}. \qquad (10)$$

Expresia coeficientului privind creșterea cheltuielilor datorate pierderilor de energie:

$$k_w = \frac{1}{c_{w0} T_t} \sum_{i=1}^{t} \frac{c_{wi}}{(1+a)^i} \left(\frac{S_i}{S_1} \right)^2 \qquad (11)$$

Studiul urmează a fi efectuat în două ipoteze de creştere a sarcinii, care sînt prezentate în continuare.

Prima ipoteză: creşterea sarcinii cu o rată anuală r_S în timpul primilor n ani ulteriori anului de punere în funcţiune a liniei.

A doua ipoteză: suprapunerea unei creşteri în salt, în timpul celor n ani de creştere a sarcinii cu rată r_S.

Creşterea sarcinii în salt, raportată la valoarea de referinţă a sarcinii maxime S_1 din anul de punere în funcţiune, urmează a fi notată prin :

$$S_* = \frac{S}{S_1} \tag{12}$$

5. Expresiile coeficientului k_p privind creşterea investiţiilor în centrale

Pornind de la relaţia de definiţie (10), în cele ce urmează se vor explicita expresiile coeficientului k_p corespunzătoare celor două ipoteze de studiu cu privire la creşterea sarcinii.

5.1. *Prima ipoteză*: creşterea sarcinii cu o rată anuală r_S în timpul primilor n ani de după anul de punere în funcţiune.

Sarcina maximă din anul $i \leqslant n$

$$S_i = S_1 (1 + r_S)^i \tag{13}$$

Considerînd că eforturile de investiţii în centralele electrice ar fi realizate cu anticipaţii de cîte un an faţă de creşterile treptate ale pierderilor pe linii, rezultă :

$$k_{p1} = 1 + \sum_{i=1}^{n} \frac{S_{i+1}^2 - S_i^2}{S_1^2 (1 + a)^i} =$$

$$= 1 + \sum_{i=1}^{n} \frac{(1 + r_S)^{2i} - (1 + r_S)^{2(i-1)}}{(1 + a)^i} \tag{14}$$

Expresia obţinută poate fi pusă sub forma :

$$k_{p1} = 1 + \frac{(1 + r_S)^2 - 1}{1 + a} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{(1 + r_S)^2}{1 + a} \right]^{i-1} \tag{15}$$

şi în final

$$k_{p1} = 1 + \left[\frac{(1+r_S)^2}{1 + a} - \frac{1}{1+a} \right] \frac{\left[\frac{(1+r_S)^2}{1 + a} \right]^n - 1}{\frac{(1+r_S)^2}{1 + a} - 1} \tag{16}$$

5.2. *A doua ipoteză*: suprapunerea unei creşteri în salt, în timpul celor n ani de creştere a sarcinii cu rată r_S.

Fie $m \leqslant n$ anul din perioada de evoluţie treptată cu rată r_S, în care se mai suprapune creşterea în salt a sarcinii. Considerînd şi de această dată că eforturile de investiţii în centralele electrice ar fi realizate cu aniticipaţii de cîte un an faţă de creşterile pierderilor pe linii, vom utiliza, corespunzător noilor condiţii, acelaşi raţionament ca şi în cazul primei ipoteze :

$$k_{p2} = 1 + \sum_{i=1}^{m-1} \frac{(1 + r_S)^{2i} - (1 + r_S)^{2(i-1)}}{(1 + a)^i} +$$

$$+ \frac{[(1 + r_S)^m + S_*]^2 - (1 + r_S)^{2(m-1)}}{(1 + a)^m} +$$

$$+ \sum_{j=m+1}^{n} \frac{[(1 + r_S)^j + S_*]^2 - [(1 + r_S)^{j-1} + S_*]^2}{(1 + a)^j} \tag{17}$$

Grupînd termenii după puterile creşterii în salt S_*, rezultă :

$$k_{p2} = 1 + \frac{(1 + r_S)^2 - 1}{1 + a} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{(1 + r_S)^2}{1 + a} \right]^{i-1} +$$

$$+ 2S_* \frac{(1 + r_S) - 1}{1 + a} \sum_{j=m+1}^{n} \left(\frac{1 + r_S}{1 + a} \right)^{j-1} +$$

$$+ \frac{2 S_* (1 + r_S)^m + S_*^2}{(1 + a)^m}. \tag{18}$$

După calculul sumelor a două progresii geometrice, în final se obţine următoarea formă :

$$k_{p2} = 1 + \left[\frac{(1+r_S)^2}{1 + a} - \frac{1}{1 + a} \right] \frac{\left[\frac{(1+r_S)^2}{(1 + a)} \right]^n - 1}{\frac{(1+r_S)^2}{1 + a} - 1} +$$

$$+ 2S_* \left[\left(\frac{1 + r_S}{1 + a} - \frac{1}{1+a} \right) \frac{\left(\frac{1+r_S}{1+a} \right)^n - \left(\frac{1+r_S}{1+a} \right)^m}{\frac{1 + r_S}{1 + a} - 1} + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1 + r_S}{1 + a} \right)^m \right] + \frac{S_*^2}{(1+ a)^m}. \tag{19}$$

Se poate observa uşor că în cazul particular al unei creşteri a sarcinii în salt egale cu zero coeficientul k_{p2} devine egal cu k_{p1}.

6. Expresiile coeficientului k_w privind creşterea cheltuielilor datorate pierderilor de energie

Pornind de la relaţia de definiţie (11), se vor examina aceleaşi două ipoteze de creştere a sarcinii ca şi în cazul coeficientului k_p. Suplimentar, în ambele cazuri se va mai lua în considerare eventualitatea unei creşteri a costului specific al pierderilor de energie cu o rată anuală r_C. Linia electrică se presupune a fi

proiectată corespunzător unui cost specific al pierderilor c_{w0} din anul anterior punerii în funcțiune, creșterea acestui cost specific fiind luată în considerare pe durata primilor N ani de exploatare.

6.1. *Prima ipoteză*: creșterea sarcinii cu o rată anuală r_S în timpul primilor n ani de după anul de punere în funcțiune.

În cazul acestei ipoteze se mai presupune că perioada calendaristică de creștere cu rată r_S a sarcinii se poate încheia înainte sau cel mult odată cu perioada în care costul specific al pierderilor este considerat în creștere cu rată anuală r_C. Avînd în vedere notațiile de mai sus, această premisă mai poate fi exprimată prin relația:

$$n \leqslant N - 1 \tag{20}$$

Pe baza elementelor prezentate, relația (11) devine:

$$k_{w1}\, T_t = \frac{1}{c_{w0}} \sum_{i=1}^{t} \frac{c_{wi}}{(1+a)^i} \left(\frac{S_i}{S_1}\right)^2 =$$

$$= 1 \cdot \frac{1+r_C}{1+a} + (1+r_S)^2 \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^2 + \ldots +$$

$$+ (1+r_S)^{2n} \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{n+1} +$$

$$+ (1+r_S)^{2n} \left[\sum_{i=n+2}^{N} \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^i + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{N} \sum_{j=1}^{t-N} (1+a)^{-j} \right] \tag{21}$$

În etapa finală, cu durată $t - N$ ani, nu se mai ia în considerare o dinamică a sarcinii și, respectiv, a costului specific al pierderilor. Conform relației (8), valoarea actualizată a acestei durate este:

$$T_{t-N} = \sum_{i=1}^{t-N} (1+a)^{-i} \tag{22}$$

După calculul sumelor a două progresii geometrice, în final se obține:

$$k_{w1} = \frac{1}{T_t} \frac{1+r_C}{1+a} \cdot \frac{\left[\frac{(1+r_S)^2 (1+r_C)}{1+a}\right]^{n+1} - 1}{\frac{(1+r_S)^2 (1+r_C)}{1+a} - 1} +$$

$$+ \frac{(1+r_S)^2}{T_t} \left[\frac{\left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{N+1} - \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{n+2}}{\frac{1+r_C}{1+a} - 1} + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{N} T_{t-N} \right] \tag{23}$$

6.2. *A doua ipoteză*: suprapunerea unei creșteri în salt, în timpul celor n ani de creștere a sarcinii cu rată r_S.

Din cadrul șirului anilor de exploatare, creșterea sarcinii în salt se consideră că are loc la începutul anului $m + 1$. Ca urmare, efectul creșterii în salt a sarcinii începe a fi resimțit după o perioadă de exploatare care cuprinde anul de punere în funcțiune a liniei și în continuare primii $n - m > 0$ dintre anii de creștere treptată a sarcinii cu rată r_S.

De asemenea, în cazul acestei ipoteze se mai presupune că cele două dinamici caracterizate prin rate anuale de creștere — a sarcinii cu rată r_S și, respectiv, a costului specific al pierderilor cu rată r_C — se defășoară în paralel pînă la un același an calendaristic. Ca urmare, spre deosebire de premisa (20), admisă în cazul primei ipoteze, de această dată se consideră:

$$n = N - 1 \tag{24}$$

Conform noilor premise, relația (11) devine

$$k_{w2}\, T_t = \sum_{i=0}^{m-1} (1+r_S)^{2i} \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{i+1} +$$

$$+ \sum_{j=m}^{N-1} [(1+r_S)^j + S_*]^2 \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{j+1} +$$

$$+ [(1+r_S)^{N-1} + S_*]^2 \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{N} \sum_{j=1}^{t-N} (1+a)^{-j} \tag{25}$$

În continuare se grupează termenii primelor două sume după puterile lui S_* și se are în vedere că cea de-a treia sumă este definită prin relația (22):

$$k_{w2}\, T_t = \frac{1+r_C}{1+a} \sum_{i=0}^{N-1} \left[\frac{(1+r_S)^2 (1+r_C)}{1+a}\right]^i +$$

$$+ 2S_* \frac{1+r_C}{1+a} \sum_{j=m}^{N-1} \left[\frac{(1+r_S)(1+r_C)}{1+a}\right]^j +$$

$$+ S_*^2 \frac{1+r_C}{1+a} \sum_{j=m}^{N-1} \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^j +$$

$$+ [(1+r_S)^{N-1} + S_*]^2 \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^{N} T_{t-N} \tag{26}$$

După ce se calculează sumele a trei progresii geometrice, în final se obține:

$$k_{w2} = \frac{1}{T_t} \frac{1+r_C}{1+a} \left\{ \frac{\left[\frac{(1+r_S)^2 (1+r_C)}{1+a}\right]^{N} - 1}{\frac{(1+r_S)^2 (1+r_C)}{1+a} - 1} + \right.$$

$$\left. + 2S_* \frac{\left[\frac{(1+r_S)(1+r_C)}{1+a}\right]^{N} - \left[\frac{(1+r_S)(1+r_C)}{1+a}\right]^{m}}{\frac{(1+r_S)(1+r_C)}{1+a} - 1} + \right.$$

$$+ S_*^2 \frac{\left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^N - \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^m}{\frac{1+r_C}{1+a} - 1} \Bigg\} +$$

$$+ [(1+r_S)^{N-1} + S_*]^2 \left(\frac{1+r_C}{1+a}\right)^N \frac{T_{t-N}}{T_t} \quad (27)$$

7. Valori obținute pentru coeficienții k_p și k_w

7.1. *Premisele calculelor efectuate*

Perioada de studiu a cheltuielilor actualizate totale s-a considerat $t = 30$ ani. Această durată este suficient de îndelungată pentru ca în cadrul relației (1) ponderea valorii remanente să devină practic neglijabilă [1].

Pentru rata anuală de actualizare, conform redactării din mai 1979 a PE 011/80, s-a adoptat valoarea $a = 6$ %.

Perioada în cadrul căreia s-au luat în considerare creșteri ale sarcinii și ale costului specific al pierderilor de energie a fost limitată la durata primilor zece ani de exploatare. În continuare vom cita cîteva dintre argumentele în sprijinul acestei ipoteze.

— În cadrul valorii actualizate a celor 30 ani de studiu, $T_{30} = 13{,}7$ ani act., valoarea actualizată a primilor zece ani calendaristici, $T_{10} = 7{,}4$ ani act., are o pondere care depășește 50 % [2].

— La etapa actuală devine tot mai dificil de făcut prognoze cu privire la evoluția sarcinilor unei linii de distribuție pe o perioadă mai lungă de un deceniu. Totodată, în cazul unei linii de distribuție este puțin probabil ca o prognoză pe termen lung să fie și justificată din punct de vedere economic.

— Costul combustibilului marginal este de așteptat ca, după o destul de lungă perioadă tranzitorie, să ajungă și la un palier relativ stabil. Această perioadă tranzitorie a început în prima parte a actualului deceniu și se estimează că va cuprinde perioada anilor '80. A proiecta în prezent pe bază de criterii economice fără însă a lua în considerare creșterea în continuare a costului pierderilor de energie va conduce în final la rezultate neeconomice.

Pe de altă parte există pericolul de a exagera mărimea și, respectiv, durata creșterilor costului specific al pierderilor de energie. Ca urmare, avînd în vedere prognozele din etapa actuală, în studiul efectuat am luat în considerare ca perioadă de creștere a costului c_w primii zece ani de exploatare, respectiv $N = 10$.

7.2. *Valori obținute pentru prima ipoteză de creștere a sarcinii*

Calculele au fost efectuate pentru valori cuprinse în următoarele intervale:

— rata anuală de creștere a sarcinii, $r_S = 1 \ldots 15$ %;

— numărul anilor de creștere a sarcinii, ulteriori celui de punere în funcțiune, $n = 1 \ldots 9$;

— rata anuală de creștere a costului specific al pierderilor în perioada primilor $N = 10$ ani de exploatare, $r_C = 0 - 5{,}0 - 7{,}5 - 10$ %.

Cîteva dintre valorile coeficienților k_{p1} și k_{w1}, calculate cu ajutorul relațiilor (16) și (23), sînt sintetizate în tabelul 1. Valorile indicate se referă la durata maximă luată în considerare pentru creșterea sarcinii, respectiv pentru $n=9$ ani ulteriori anului de punere în funcțiune.

Tabelul 1

Valori ale coeficienților k_{p1} și k_{w1} corespunzători primei ipoteze: creșterea sarcinii cu o rată anuală r_S în timpul primilor $n = 9$ ani de după anul de punere în funcțiune

Coeficientul	Rata de creștere anuală r_C %	r_S %			
		0	5	10	15
k_{p1}	—	1,00	2,02	4,21	8,77
k_{w1}	0,0	1,00	1,93	3,92	8,01
	5,0	1,45	2,92	6,05	12,60
	7,5	1,74	3,57	7,51	15,68
	10,0	2,10	4,41	9,30	19,54

7.3. *Valori obținute pentru a doua ipoteză de creștere a sarcinii*

Calculele au fost efectuate pentru valori cuprinse în următoarele intervale:

— rata anuală de creștere a sarcinii în primii 9 ani ulteriori anului de punere în funcțiune, $r_S = 0 - 2{,}5 - 5{,}0 - 8{,}0$ %; acestor rate, la sfîrșitul perioadei considerate, le corespund creșteri totale ale sarcinii de ordinul 25 — 55 % și, respectiv, 100 %;

— creșterea în salt a sarcinii — care poate avea loc în oricare dintre cei 9 ani de creștere treptată cu rată $r_S - S_* = 0 \ldots 2$;

— rata anuală de creștere a costului specific al pierderilor în perioada primilor $N = 10$ ani de exploatare, $r_C = 0 - 5 - 10$ %.

În tabelul 2 sînt sintetizate cîteva dintre valorile coeficienților k_{p2} și k_{w2} care au fost calculate cu ajutorul relațiilor (19) și (27), corespunzător valorilor extreme ale intervalelor indicate mai sus.

8. Reflectarea ambelor dinamici prin utilizarea unui singur multiplicator, k_{CS}

Spre deosebire de un trecut încă apropiat, la etapa actuală, în cadrul costului specific total, definit prin relațiile (7) sau (9), ponderea principală o au întotdeauna cheltuielile datorate pierderilor de energie. Ca urmare, vom

Tabelul 2

Valori ale coeficienţilor k_{p2} şi k_{w2} corespunzători celei de-a doua ipoteze : suprapunerea unei creşteri în salt S_*, în primul sau respectiv în ultimul din cei 9 ani de creştere a sarcinii cu rată r_S

Coeficientul	r_C %	r_S %	S_*	Anul de evoluţie cu rată r_S în care se suprapune creşterea S_*	
				$m = 1$	$m = 9$
k_{p2}	—	0	0	1,00	1,00
			1	3,83	2,78
			2	8,55	5,74
		8	0	3,14	3,14
			1	7,43	6,09
			2	13,61	10,24
k_{w2}	0	0	0	1,00	1,00
			1	3,79	2,52
			2	8,45	5,05
		8	0	2,95	2,95
			1	7,10	5,48
			2	13,11	9,02
	5	0	0	1,45	1,45
			1	5,57	3,92
			2	12,45	8,04
		8	0	4,53	4,53
			1	10,78	8,65
			2	19,78	14,42
	10	0	0	2,10	2,10
			1	8,19	6,04
			2	18,32	12,60
		8	0	6,88	6,88
			1	16,24	13,44
			2	29,65	22,62

exprima costul specific total, definit prin relaţia (9), sub forma:

$$c_{pw} = k_w \left(\frac{k_p}{k_w} c_p + c_{w0} \tau T_{30} \right) \text{ [lei/kW]} \quad (28)$$

şi ne propunem să analizăm efectul pe care l-ar putea avea asupra dimensionării economice a liniilor de distribuţie următoarea aproximaţie :

$$c_{pw} \approx k_w (c_p + c_{w0} \tau T_{30}) = k_w c_{pwc} \text{ [lei/kW]} \quad (29)$$

Conform relaţiilor (2) şi (3), o astfel de aproximaţie ar permite luarea în considerare a dinamicii costului specific al pierderilor şi a sarcinii cu ajutorul multiplicatorului :

$$k_{CS} = k_w^{1/2} \quad (30)$$

Cu ajutorul coeficientului k_{CS} ar urma să fie multiplicată secţiunea economică de calcul determinată cu relaţiile (5) sau (6) pe baza valorilor iniţiale S_1 şi c_{w0}, presupuse constante în timp.

Pentru a aprecia efectul aproximaţiei (29), vom analiza *raportul R_{1m} dintre valorile secţiunilor economice de calcul* care se obţin în ipoteza utilizării unui singur multiplicator ($1\ m$) şi, respectiv, în cazul exprimării exacte a costului specific total, cu ajutorul relaţiei (28) :

$$R_{1m} = \sqrt{\frac{c_p + c_{w0} \tau T_{30}}{\frac{k_p}{k_w} c_p + c_{w0} \tau T_{30}}} \quad (31)$$

În tabelele 3 şi 4 este prezentată o selecţie de valori ale raportului R_{1m}, calculate cu ajutorul datelor din tabelele 1 şi 2 privind coeficienţii k_p şi k_w. Corespunzător celor două ipoteze de studiu ale creşterii sarcinii, aceste valori au fost determinate pentru diverse durate de utilizare anuală a puterii maxime T_M şi diverse trepte de tensiune. Corespunzător acestor trepte de tensiune, pentru costul iniţial al pierderilor de energie c_{w0} s-au folosit valorile indicate în redactarea din mai 1979 a prescripţiei PE 011/80.

Examinînd valorile din tabelele 3 şi 4, se observă că, în ipoteza unei rate de creştere a costului specific al pierderilor $r_C = 0$, valorile raportului R_{1m} sînt foarte apropiate de unitate.

Efectul aproximaţiei (29) se amplifică în următoarele două ipoteze :

— odată cu creşterea ratei r_C ;

— pe măsură ce în cadrul costului specific total c_{pw} scade ponderea componentei corespunzătoare pierderilor de energie.

Astfel, în cazul-limită al unei rate $r_C = 10\%$ (ceea ce în $N = 10$ ani ar corespunde unei creşteri a costului specific al pierderilor de 2,6 ori) şi al unor linii de distribuţie la joasă tensiune, , cu o durată de utilizare anuală foarte redusă, $T_M = 1000$ ore/an, supraestimarea secţiunii economice de calcul ca efect al aproximaţiei (29) s-ar putea ridica la maximum 12..13%. Menţionăm însă că prin trecerea de la o treaptă normalizată la una imediat superioară, creşterea procentuală a secţiunii poate fi de 2—3 ori mai mare decît supraestimarea secţiunii economice de calcul din cazul-limită prezentat.

În restul cazurilor analizate, supraestimările secţiunilor economice de calcul ca efect al

Tabelul 3

Valori ale raportului secțiunilor economice de calcul R_{1m} corespunzătoare primei ipoteze: creșterea sarcinii cu o rată anuală r_S în timpul primilor n ani de după anul de punere în funcțiune, $n = 9$

Specificul liniei și al consumatorilor alimentați			%	Rata medie r_C de creștere a costului specific al pierderilor de energie c_w, %			
T_M ore/an	τ ore/an	c_{w0} lei/kWh	r_S	0	5,0	7,5	10,0
Linie j.t., consumatori rurali			0	1,000	1,066	1,096	1,123
1000	440	1,30	15	0,982	1,066	1,100	1,130
Linie j.t., consumatori urbani			0	1,000	1,030	1,043	1,054
2500	1225	1,30	15	0,991	1,030	1,045	1,057
Linie m.t., consumatori casnici			0	1,000	1,036	1,051	1,065
2500	1225	1,05	15	0,990	1,036	1,053	1,068
Linie m.t. pentru o schelă petroliferă			0	1,000	1,008	1,011	1,013
7500	6700	1,05	15	0,998	1,008	1,011	1,014
Linie de 110 kV, consum industrial			0	1,000	1,018	1,025	1,032
5500	4000	0,73	15	0,995	1,018	1,026	1,033

Tabelul 4

Valori ale raportului secțiunilor de calcul R_{1m} corespunzătoare celei de-a doua ipoteze: suprapunerea unei creșteri în salt S_* în primul sau, respectiv, ultimul din cei 9 ani de creștere a sarcinii cu rată r_S

Specificul liniei și al consumatorilor alimentați			Parametrii creșterii sarcinilor maxime anuale		Rata medie r_C de creștere a costului specific c_w al pierderilor și anii, după cel de PIF, în care se presupune creșterea în salt S_* a sarcinii					
T_M ore/an	τ ore/an	c_{w0} lei/kWh	r_S %	S_*	$r_C = 0$		$r_C = 5\%$		$r_C = 10\%$	
					1	9	1	9	1	9
Linie j.t., consumatori rurali			0	0	1,000	1,000	1,066	1,066	1,123	1,123
				2	0,998	0,974	1,067	1,062	1,125	1,128
			8	0	0,988	0,988	1,066	1,066	1,128	1,128
1000	440	1,30		2	0,993	0,974	1,067	1,063	1,127	1,129
Linie j.t., consumatori urbani			0	0	1,000	1,000	1,030	1,030	1,054	1,054
				2	0,999	0,987	1,030	1,028	1,055	1,056
			8	0	0,994	0,994	1,030	1,030	1,056	1,056
2500	1225	1,30		2	0,996	0,987	1,031	1,029	1,056	1,056
Linie m.t., consumatori casnici			0	0	1,000	1,000	1,036	1,036	1,065	1,065
				2	0,999	0,985	1,036	1,033	1,066	1,067
			8	0	0,993	0,993	1,036	1,036	1,067	1,067
2500	1225	1,05		2	0,996	0,985	1,037	1,034	1,067	1,068
Linie m.t. pentru o schelă petroliferă			0	0	1,000	1,000	1,008	1,008	1,013	1,013
				2	1,000	0,997	1,008	1,007	1,014	1,014
			8	0	0,998	0,998	1,008	1,008	1,014	1,014
7500	6700	1,05		2	0,999	0,997	1,008	1,007	1,014	1,014
Linie de 110 kV, consum industrial			0	0	1,000	1,000	1,018	1,018	1,031	1,031
				2	9,999	0,992	1,018	1,017	1,032	1,032
			8	0	0,996	0,996	1,018	1,018	1,032	1,032
5500	4000	0,73		2	0,998	0,992	1,018	1,017	1,032	1,032

Tabelul 5

Valorile multiplicatorului k_{CS} al secțiunii economice de calcul

— *Dinamica costului* pierderilor de energie : $r_C = 0$
— *Dinamica sarcinii* : creștere cu rată medie r_S în timpul primilor n ani ulteriori anului de punere în funcțiune

r_S %	anul n								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07
2	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,10	1,11	1,13	1,14
3	1,03	1,05	1,08	1,11	1,13	1,15	1,17	1,20	1,22
4	1,04	1,07	1,11	1,14	1,18	1,21	1,24	1,27	1,30
5	1,05	1,09	1,14	1,18	1,23	1,27	1,31	1,35	1,39
6	1,06	1,11	1,17	1,22	1,28	1,33	1,39	1,44	1,49
7	1,07	1,13	1,20	1,26	1,33	1,40	1,46	1,53	1,60
8	1,07	1,15	1,23	1,31	1,38	1,47	1,55	1,63	1,72
9	1,08	1,17	1,26	1,35	1,44	1,54	1,64	1,79	1,84
10	1,09	1,19	1,29	1,39	1,50	1,61	1,73	1,85	1,98
11	1,10	1,21	1,32	1,44	1,56	1,69	1,83	1,97	2,13
12	1,11	1,23	1,36	1,49	1,63	1,78	1,94	2,10	2,28
13	1,12	1,25	1,39	1,54	1,69	1,86	2,05	2,24	2,45
14	1,13	1,27	1,42	1,59	1,76	1,96	2,16	2,39	2,64
15	1,14	1,29	1,46	1,64	1,84	2,05	2,29	2,65	2,83

aproximației (29) rezultă, obișnuit, a fi mult mai mici. Astfel, în ipoteza dublării în circa zece ani a costului specific c_w, respectiv $r_C = 7$ %, teoretic aceste supraestimări ar rezulta cuprinse între 1...5% . Practic însă, aceste aproximații le putem considera neglijabile în raport cu gradul de confidență al prognozelor care pot fi făcute în momentul proiectării cu privire la dinamica sarcinii și mai ales cea a costului energiei pe piața mondială în următorii zece ani.

Totodată mai trebuie avute în vedere rotunjirile care se fac în final la adoptarea secțiunilor economice normalizate și care adeseori pot fi mult mai mari decît cele cîteva procente de supraestimare a secțiunilor economice de calcul determinate cu relațiile (5) sau (6).

În tabelele 5 și 6, corespunzător celor două ipoteze de creștere a sarcinii, sînt prezentate valorile multiplicatorului k_{CS} corespunzătoare unei rate de creștere a costului specific al pierderilor $r_C = 0$.

Valorile coeficientului k_{CS} din tabelul 5, fiind determinate pentru $r_C = 0$, pun în evidență numai efectul dinamicii sarcinii. Dimensionarea cu ajutorul acestor valori poate contribui la reducerea efortului de investiții față de cazul dimensionării la valoarea-plafon estimată pentru sarcina finală. În acest sens prezentăm următorul exemplu :

Fie cazul unei linii de distribuție pentru care se estimează că în cel de-al zecelea an se va ajunge la dublarea sarcinii maxime din primul an. Acestui caz — caracterizat printr-o creștere a sarcinii cu rată $r_S = 8$ % timp de nouă ani — îi corespunde în tabelul 5 coeficientul $k_{CS} = 1{,}72$.

Raportul dintre secțiunile conductoare determinate cu ajutorul multiplicatorului k_{CS} și, respectiv, în ipoteza dimensionării de la început corespunzător sarcinii-plafon finale,

Tabelul 6

Valorile multiplicatorului k_{CS} al secțiunii economice de calcul

— *Dinamica costului* pierderilor de energie : $r_C = 0$
— *Dinamica sarcinii* : suprapunerea în anul m a unei creșteri în salt S_* peste creșterea cu rată medie r_S din timpul primilor 9 ani ulteriori anului de punere în funcțiune

Parametrii dinamicii sarcinii		anul m								
r_S %	S_*	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	0,2	1,19	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,11
	0,4	1,38	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25	1,24	1,22
	0,6	1,57	1,53	1,50	1,47	1,44	1,42	1,39	1,36	1,34
	0,8	1,76	1,72	1,68	1,64	1,60	1,56	1,53	1,49	1,46
	1,0	1,95	1,90	1,85	1,80	1,76	1,71	1,67	1,63	1,59
	1,2	2,14	2,08	2,02	1,97	1,91	1,86	1,81	1,76	1,72
	1,4	2,33	2,26	2,20	1,14	2,07	2,02	1,96	1,90	1,85
	1,6	2,52	2,45	2,38	2,30	2,24	2,17	2,10	2,04	1,98
	1,8	2,72	2,63	2,55	2,47	2,40	2,32	2,25	2,18	2,11
	2,0	2,91	2,82	2,73	2,64	2,56	2,48	2,40	2,32	2,25
2,5	0	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
	0,2	1,37	1,35	1,34	1,33	1,32	1,31	1,31	1,30	1,29
	0,4	1,56	1,53	1,51	1,50	1,48	1,46	1,44	1,42	1,40
	0,6	1,75	1,72	1,67	1,66	1,63	1,60	1,58	1,55	1,53
	0,8	1,94	1,90	1,86	1,82	1,79	1,75	1,72	1,68	1,65
	1,0	2,13	2,08	2,03	1,99	1,95	1,90	1,86	1,82	1,78
	1,2	2,32	2,26	2,21	1,16	2,11	2,05	2,00	1,95	1,91
	1,4	2,51	2,45	2,37	2,33	2,27	2,21	2,15	2,09	2,04
	1,6	2,70	2,63	2,56	2,49	2,43	2,36	2,30	2,23	2,17
	1,8	2,90	2,82	2,74	2,66	2,59	2,52	2,44	2,37	2,30
2	2,0	3,09	3,00	2,92	2,83	2,75	2,67	2,59	2,51	2,44
5,0	0	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
	0,2	1,58	1,57	1,56	1,55	1,54	1,54	1,53	1,52	1,51
	0,4	1,77	1,75	1,74	1,72	1,70	1,68	1,66	1,65	1,63
	0,6	1,96	1,94	1,91	1,88	1,86	1,83	1,80	1,78	1,75
	0,8	2,15	2,12	2,08	2,05	2,01	1,98	1,95	1,91	1,88
	1,0	2,34	2,30	2,26	2,22	2,17	2,13	2,09	2,05	2,01
	1,2	2,54	2,49	2,43	2,38	2,33	2,28	2,23	2,18	2,13
	1,4	2,73	2,67	2,61	2,55	2,49	2,44	2,38	2,33	2,27
	1,6	2,92	2,85	2,79	2,72	2,67	2,59	2,53	2,43	2,40
	1,8	3,11	3,04	2,96	2,89	2,82	2,75	2,68	2,60	2,53
	2,0	3,30	3,22	3,14	3,06	2,98	2,90	2,82	2,74	2,67
8,0	0	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72
	0,2	1,91	1,90	1,89	1,88	1,87	1,87	1,86	1,85	1,84
	0,4	2,10	2,08	2,06	2,05	2,03	2,01	2,00	1,98	1,97
	0,6	2,28	2,26	2,24	2,21	2,19	2,16	2,14	2,11	2,09
	0,8	2,47	2,44	2,41	2,38	2,34	2,32	2,38	2,25	2,21
	1,0	2,67	2,63	2,59	2,55	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34
	1,2	2,86	2,80	2,76	2,72	2,67	2,62	2,57	2,52	2,47
	1,4	3,05	2,99	2,94	2,89	2,83	2,78	2,72	2,62	2,60
	1,6	3,24	3,18	3,12	3,06	2,99	2,93	2,87	2,80	2,74
	1,8	3,43	3,36	3,29	3,23	3,15	3,09	3,02	2,94	2,87
	2,0	3,62	3,55	3,47	3,40	3,32	3,24	3,16	3,08	3,00

rezultă :

$$\frac{k_{CS}}{(1+r_S)^n} = \frac{1,72}{(1+0,08)^9} = 0,86$$

În exemplul de față, reducerea secțiunii economice de calcul cu 14% poate conduce în unele cazuri la micșorarea cu o treaptă normalizată a secțiunii adoptate în practică.

Cu toate că în acest caz costul pierderilor de energie va fi ceva mai ridicat, totuși preponderentă va fi micșorarea eforuului de investiții și, în ansamblu, se va obține avantajul nei reduceri a totalului cheltuielilor actualizate.

9. Reflectarea fiecăreia dintre cele două dinamici prin cîte un multiplicator distinct

În acest scop, coeficientul k_{CS} — definit prin relația (30) în condițiile aproximației (29) — îl vom exprima sub forma următorului produs

$$k_{CS} = k_u^{1/2} = k_C k_S \qquad (32)$$

Acești doi multiplicatori ai secțiunii economice de calcul — determinate cu ajutorul va-

lorilor inițiale S_1 și c_{w0} presupuse constante în timp — ne propunem să reprezinte :

k_C — coeficientul dinamicii costului specific al pierderilor de energie ;

k_S — coeficientul dinamicii sarcinii.

Ca valori ale coeficientului dinamicii sarcinii, cu suficientă exactitate se pot considera cele care se obțin cu relația :

$$k_S = k_{w,\, r_C=0}^{1/2} \qquad (33)$$

Avînd în vedere valorile raportului secțiunilor economice de calcul R_{1m} prezentate în tabelele 3 și 4, rezultă că în cazul $r_C = 0$ aproximația (29) conduce la diferențe în minus care sînt, obișnuit, de ordinul promilelor. Doar în cazul unor durate foarte scăzute de utilizare a puterii maxime aceste diferențe se pot ridica la valori de ordinul a 2 %.

Valorile coeficientului k_S sînt prezentate în tabelul 5. Această afirmație decurge din relația de definiție (33).

În legătură cu dinamica costului specific al pierderilor de energie vom porni de la considerentul că aceasta este reflectată împreună cu dinamica sarcinii de valorile coeficienților k_w. Ca urmare, în condițiile ipotezei (33) vom determina valorile unor multiplicatori notați prin k'_C, folosind în aceste scop relația :

$$k'_C = \sqrt{\frac{k_{w,\, r_C \neq 0}}{k_{w,\, r_C=0}}} \qquad (34)$$

Utilizînd datele din tabelele 1 și 2, valorile obținute cu ajutorul relației (34) sînt prezentate în tabelele 7 și 8. Se observă că valorile minime ale multiplicatorilor k'_C corespund cu regularitate cazului în care creșterea sarcinii se consideră a fi nulă. Totodată, în ipotezele în care a fost efectuată această analiză, rezultă că între valorile minime și maxime ale multiplicatorilor k'_C există diferențe relative mici, de ordinul procentelor.

Tabelul 7

Valori ale coeficientului k'_C corespunzătoare primei ipoteze de creștere a sarcinii

r_S %	r_C %		
	5,0	7,5	10,0
0	1,20	1,32	1,45
5	1,23	1,36	1,51
10	1,24	1,38	1,54
15	1,25	1,40	1,56
$\frac{k'_{C\,MAX}}{k'_{C\,min}}$	1,04	1,06	1,08

Tabelul 8

Valori ale coeficientului k'_C corespunzătoare celei de-a doua ipoteze de creștere a sarcinii

r_C %	r_S %	S_*	Anul de evoluție cu rată r_S în care se suprapune creșterea S_*		$\frac{k'_{MAX}}{k'_{C\,min}}$
			$m = 1$	$m = 9$	
5	0	0	1,20	1,20	1,05
		1	1,21	1,25	
		2	1,22	1,26	
	8	0	1,24	1,24	
		1	1,23	1,26	
		2	1,23	1,26	
10	0	0	1,45	1,45	1,09
		1	1,47	1,55	
		2	1,47	1,58	
	8	0	1,53	1,53	
		1	1,51	1,57	
		2	1,50	1,58	

În conformitate cu observațiile de mai sus și totodată în intenția de a mai diminua micile supraestimări care se obțin cu multiplicatorul comun k_{CS}, vom utiliza pentru coeficientul k_C valorile minime ale coeficienților k'_C, care corespund unor creșteri nule ale sarcinii. Aceste valori sînt prezentate în tabelul 9.

În cele ce urmează vom analiza *raportul R_{2m} dintre valorile secțiunilor economice de calcul*, determinate, pe de o parte, cu aproximațiile pe care le comportă utilizarea celor doi multiplicatori k_C și k_S, iar pe de altă parte, în mod exact, cu ajutorul coeficienților k_p și k_w :

$$R_{2m} = k_C k_S \sqrt{\frac{c_p + c_{w0}\ \tau T_{30}}{k_p c_p + k_w c_w \tau T_{30}}} \qquad (35)$$

Datele din tabelul 10 oferă posibilitatea unei comparații între valorile raporturilor R_{1m} și R_{2m}, care indică aproximațiile în cazul reflectării ambelor dinamici printr-un singur multiplicator k_{CS} sau, respectiv, prin doi multiplicatori k_C și k_S, definiți conform celor arătate mai sus. Comparația se referă la valori limită ale celor două rate de creștere, respectiv $r_C = 10$ %, iar $r_S = 0$ sau 15 %.

În conformitate cu premisele pe baza cărora au fost adoptate valorile coeficienților k_C și k_S, în ipoteza unei dinamici nule a sarcinii, rezultă $R_{1m} = R_{2m}$. În schimb, pe măsură

Tabelul 9

Valorile propuse pentru multiplicatorul k_C — coeficientul dinamicii costului specific al pierderilor de energie

Rata r_C, %	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k_C	1	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45

Tabelul 10

Valorile raporturilor R_{1m} şi R_{2m} corespunzătoare primei ipoteze de creştere a sarcinii cu o rată anuală r_S în timpul primilor $n = 9$ ani după anul de punere în funcţiune $r_C = 10$ %

Specificul liniei şi al consumatorilor alimentaţi			r_S %	Valorile raportului R în cazurile secţiunii de calcul determinate cu:	
T_{PM} ore/an	τ ore/an	c_{w0} lei/kWh		1 multiplicator, R_{1m}	2 multiplicatori, R_{2m}
Linie j.t., consumatori rurali			0	1,123	1,123
1000	440	1,30	15	1,130	1,049
Linie j.t., consumatori urbani			0	1,054	1,054
2500	1225	1,30	15	1,057	0,981
Linie m.t., consumatori casnici			0	1,065	1,065
2500	1225	1,05	15	1,068	0,992
Linie m.t. pentru o schelă petroliferă			0	1,013	1,013
7500	6700	1,05	15	1,014	0,941
Linie de 110 kV, consum industrial			0	1,032	1,032
5500	4000	0,73	15	1,033	0,959

ce se măreşte rata anuală r_S de creştere a sarcinii, în cazul reflectării celor două dinamici prin cîte un multiplicator distinct, supraestimările secţiunilor economice de calcul scad treptat. Pentru valori mai ridicate ale ratelor de creştere a sarcinii se poate ajunge uneori şi la subestimări, care nu depăşesc însă valori de ordinul cîtorva procente.

Conform datelor din tabelul 10 se mai observă că pentru o variaţie în limite foarte largi a ratei anuale r_S de creştere a sarcinii, plaja de variaţie a raportului secţiunilor de calcul R_{2m} rezultă restrînsă. Astfel, corespunzător unei creşteri a ratei r_S de la 0 la 15 %, în fiecare dintre cele cinci cazuri studiate raportul secţiunilor R_{2m} s-a micşorat cu circa 7 %. Considerăm util să subliniem că toată această plajă de 7 % reprezintă doar o treime din procentajul minim de creştere cu 23 % a secţiunii, corespunzător trecerii de la treapta normalizată de 150 mm² la cea de 185 mm².

10. Rata de creştere a costului specific al combustibilului marginal

Conform diagramei din figura 1, în ultimii nouă ani — din luna mai 1971 pînă în iunie 1980 — *preţul OPEC pentru barilul de ţiţei brut* a crescut de circa 20 ori, de la 1,80 dolari pînă la 37 dolari, respectiv cu o rată medie anuală de 40 %.

Dacă se ia în considerare ca moment iniţial criza energetică din noiembrie 1973, cînd preţul barilului ajunsese deja la 5,12 dolari, perioadei ultimilor şapte ani îi corespunde o rată mai redusă de creştere a costului ţiţeiului, egală în medie cu 33 % pe an.

Totodată, conform raportului Băncii Mondiale publicat la sfîrşitul anului 1978, *indicele inflaţiei internaţionale* a crescut pînă la un vîrf de 9,7 % în 1977 şi în continuare a coborît la circa 7 % în 1978.

Ca urmare, comparînd ratele medii de creştere ale costului ţiţeiului cu valorile de vîrf ale indi-

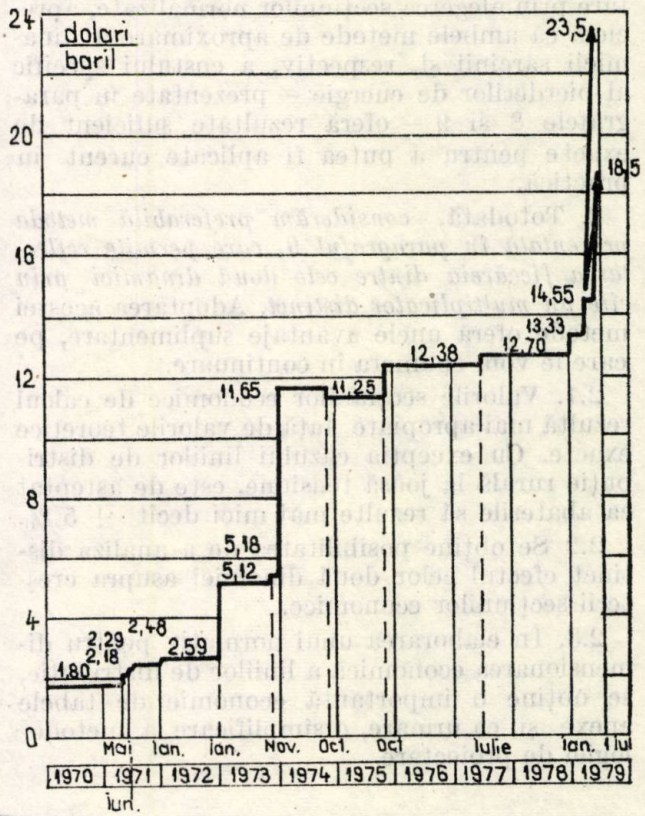


Fig. 1. Evoluţia preţului petrolului brut (după ziarele „Le Monde" şi „România liberă" din 4 iulie 1979). Preţul OPEC din iunie 1980: 32—37 dolari/baril.

celui inflației internaționale, se poate estima că *în valori reale* rata medie anuală de creștere a prețului țițeiului pe piața mondială a înregistrat valori de ordinul:

— 30 % în ultimii 9 ani;

— 25 % în intervalul mai scurt al ultimilor 7 ani.

Prognozele cu privire la costul energiei pe piața mondială în deceniul actual sînt unanim pesimiste. Este deci de așteptat ca liniile electrice de distribuție care în anii imediat următori vor fi dimensionate optim din punct de vedere economic, ulterior, datorită creșterilor în continuare ale costului pierderilor, să se dovedească mult mai puțin economice decît s-a scontat inițial.

Cu scopul de *a reduce* abaterile față de optimul economic, sîntem de părere că la dimensionarea noilor noastre linii electrice de distribuție a devenit indicat să se ia în considerare și dinamica costului specific al pierderilor de energie în perspectiva evoluției probabile a costului combustibilului marginal.

Concluzii cu privire la metodele prezentate

1. În raport cu gradul de confidență al prognozelor privind ratele anuale r_C și r_S, precum și în raport cu rotunjirile care se fac în proiectare prin alegerea secțiunilor normalizate, apreciem că ambele metode de aproximare a dinamicii sarcinii și, respectiv, a costului specific al pierderilor de energie — prezentate în paragrafele 8 și 9 — oferă rezultate suficient de exacte pentru a putea fi aplicate curent în practică.

2. Totodată, *considerăm preferabilă metoda prezentată în paragraful 9, care permite reflectarea fiecăreia dintre cele două dinamici prin cîte un multiplicator distinct.* Adoptarea acestei metode oferă unele avantaje suplimentare, pe care le vom enumera în continuare.

2.1. Valorile secțiunilor economice de calcul rezultă mai apropiate față de valorile teoretice exacte. Cu excepția cazului liniilor de distribuție rurală la joasă tensiune, este de așteptat ca abaterile să rezulte mai mici decît $\pm$ 5 %.

2.2 Se obține posibilitatea de a analiza distinct efectul celor două dinamici asupra creșterii secțiunilor economice.

2.3. În elaborarea unui normativ pentru dimensionarea economică a liniilor de distribuție, se obține o importantă economie de tabele anexe și, ca urmare, o simplificare a metodologiei de proiectare.

2.4. Se creează premisele unei corelări mai ușoare a edițiilor succesive ale unui normativ cu tendințele — estimate pe perioade mai scurte — ale costurilor energiei pe piața mondială.

ANEXĂ

Lista principalelor notații utilizate

a — rata anuală de actualizare;
B — componenta investiției în linia electrică, pe unitatea de lungime a traseului, independentă de secțiunea conductoare, în lei/km;
C_{ex} — valoarea actualizată a cheltuielilor de exploatare care nu depind de consumurile tehnologice (cheltuieli cu retribuții, întreținere, reparații etc.). în lei;
c_{pw} — costul specific total, care reprezintă cheltuiala actualizată totală corespunzătoare unui consum tehnologic de 1 kW în cazul funcționării la sarcină anuală maximă, în lei/kW; acest cost include atît investiția specifică în centrală datorată consumului tehnologic de putere, cît și suma pe durata celor 30 de ani de serviciu a cheltuielilor actualizate datorate consumurilor tehnologice de energie;
c_p — costul investiției specifice în centrala de achivalare, care produce consumurile tehnologice, în lei/kW;
c_w — costul specific al consumului tehnologic de energie, corespunzător treptei de tensiune la care urmează a fi exploatat circuitul, în lei/kWh;
k_p — coeficient privind creșterea investiției în centrale pentru capacități de producție suplimentare care urmează să devină necesare ca efect al dinamicii pierderilor de putere;
k_w — coeficient privind creșterea cheltuielilor datorate pierderilor de energie ca efect al dinamicii sarcinii și, respectiv, al costului specific c_w al consumurilor proprii de energie;
I_M — curentul tranzitat la vîrful anual de sarcină, în A;
K — panta de creștere a investiției în linia electrică cu secțiunea conductoare și cu lungimea traseului, în lei/km·mm²;
L — lungimea traseului liniei electrice, în km;
S_M — puterea aparentă tranzitată la vîrful anual de sarcină, în kVA sau MVA;
s — secțiunea conductoare a liniei electrice, în mm²;
σ — secțiunea economică de calcul, în mm²;
τ — durata de calcul a consumurilor tehnologice anuale, în ore/an:
T_M — durata anuală de utilizare a puterii maxime tranzitate pe linie, în ore/an;
T_{30} — mărimea actualizată a duratei de 30 de ani de serviciu a liniei electrice, în ani.

Bibliografie

[1] Buhuș, P. și Comănescu, Gh. *Cercetări privind determinarea secțiunilor economice ale conductoarelor pentru distribuția energiei prin circuite trifazate de 1—110 kV. Metodologie și indicatori tehnico-economici pentru prescripția PE 135/80.* Institutul politehnic București, noiembrie 1979.

[2] * * * MEE — PE 011/1980. *Normativ privind criteriile de calcul al eficienței economice la fundamentarea obiectivelor de dezvoltare din domeniul energetic sau în conexiune cu problemele economiei de energie.* Redactarea I, 1979.

[3] Buhuș, P. *Locul și rolul actualizărilor în optimizarea eficienței acțiunilor tehnico-economice.* În: Revista Economică, nr. 39, 29 septembrie 1978, p. 12—13.

[4] Buhuș. P. *O metodă cu caracter general de determinare a secțiunilor economice pentru liniile electrice trifazate.* În: Energetica, nr. 11—12, 1979, p. 534—538.

(Articol intrat în redacție la 13 decembrie 1979)

Considerații privind dimensionarea filtrelor absorbante

Ing. Em. Cocoș *)

Odată cu dezvoltarea sistemelor electroenergetice a crescut și gradul de poluare cu armonici, ceea ce a făcut necesară extinderea și perfecționarea măsurilor de combatere a regimului deformant. Aceste măsuri pot avea drept scop :

— evitarea sau limitarea producerii regimului deformant ;

— limitarea propagării armonicilor în rețea ;

— atenuarea efectelor regimului deformant ;

— compensarea armonicilor produse de sursele deformante.

Filtrele absorbante (FA) constituie în prezent principala modalitate de compensare a armonicilor produse de consumatorii deformanți.

Din motive economice [8], cît și tehnice, instalarea filtrelor electrice este legată totdeauna de problema compensării puterii reactive ; aceasta se rezolvă în mod diferit, de la caz la caz :

— dacă în zona unde urmează să se racordeze bateria de condensatoare nu apar probleme de regim deformant, nu sînt necesare măsuri speciale ;

— dacă în zona respectivă nu există receptori deformanți importanți, dar în curba tensiunii la bara de racord se manifestă armonici care ar putea fi amplificate de bateria de condensatoare, peste limitele admise, sau apare pericolul formării unor circuite rezonante parazite între baterie și rețea pe una dintre armonicile existente, atunci devine necesară înserierea cu condensatoarele bateriei a unor inductanțe antiarmonice, deci alcătuirea unor filtre refulante (FR) ;

— dacă puterea reactivă, ce urmează a fi compensată, provine în totalitate sau în mare măsură de la consumatori deformanți importanți (mutatoare, cuptoare cu arc etc.), problema nu se poate rezolva decît prin amenajarea bateriei de condensatoare și ca baterie de filtre absorbante (FA), pentru anihilarea principalelor armonici generate de sursa deformantă [1], [4]. Aceasta este considerată ca cea mai eficientă soluție, atît pentru protejarea bateriei de condensatoare, cît și pentru combaterea regimului deformant indus în rețea de anumiți consumatori [3], [5], [6].

În timp ce dimensionarea filtrelor refulante (FR) este simplă, iar ca metodă — unică, pentru FA sînt posibile căi diferite.

După cum s-a arătat, instalarea FA este legată, din motive economice și tehnice, de problema compensării puterii reactive. Chiar și atunci cînd montarea FA este determinată numai de necesitatea tratării armonicilor dominante, puterea reactivă produsă de filtre pe armonica fundamentală trebuie inclusă în bilanțul puterilor reactive al zonei. Astfel de situații se întîlnesc însă mai rar, întrucît principalii consumatori deformanți au și un pronunțat caracter reactiv [12], [13].

În dimensionarea propriu-zisă a principalelor elemente ale FA, condensatoare și bobine, se pot enunța următoarele principale etape :

1. Dimensionarea capacităților elementelor de filtrare, circuite rezonante serie (notate, pe scurt, CRS).

2. Calcularea inductanțelor, folosind condiția de rezonanță pentru fiecare CRS în parte.

3. Verificarea formării circuitelor rezonante derivație (CRD) între FA și rețea.

4. Calcularea coeficientului de deformare a tensiunii la bara de racord, $\delta U(\%)$, corespunzător funcționării cu FA.

5. Calcularea solicitării elementelor FA.

După parcurgerea acestor cinci etape, urmează alegerea condensatoarelor și bobinelor FA, apoi verificarea lor la suprasolicitările ce pot să apară în anumite regimuri de exploatare (supracurenți, supratensiuni). Această verificare nu diferă ca metodologie de cele practicate în cazul altor echipamente electroenergetice. Aceeași afirmație este valabilă și pentru alegerea și verificarea celorlalte elemente din componența FA.

În cele ce urmează vor fi analizate succint anumite aspecte mai interesante în parcurgerea unor etape de dimensionare propriu-zisă a FA, în ordinea în care au fost enunțate anterior.

1. Există două criterii principale pentru dimensionarea capacităților FA :

A — costul ansamblului elementelor FA să fie minim ;

B — puterea instalată în condensatoare să fie minimă.

Criteriul *A* se aplică atunci cînd valoarea puterii reactive, necesar a fi compensată, se impune. Literatura de specialitate [1], [9] menționează această modalitate de dimensionare a capacităților FA ; o descriere completă a metodei este expusă în [2], pentru cazul concret al stațiilor de redresare. Se demonstrează că amenajarea separată, în aceeași instalație, a bateriei de condensatoare pentru compensarea puterii reactive și a bateriei de FA, pentru compensarea armonicilor dominante, nu este economică. În aceeași lucrare [2], pentru elaborarea metodei de calcul, se adoptă următoarele ipoteze simplificatoare :

— valorile armonicilor de curent absorbite de consumator se cunosc și nu depind de schema și regimul rețelei ;

— valoarea tensiunii la bara de racord a FA, pe fundamentală, în regim normal de ex-

*) Ing. Emanoil Cocoș lucrează la Centrul de perfecționare a lucrătorilor din M.E.E. — Constanța.

ploatare, este egală cu U_N (valoarea nominală). Această aproximare nu afectează precizia necesară calculelor practice, dar ușurează utilizarea multor formule și va fi menținută în toate etapele dimensionării FA, analizate în continuare;

— costul bateriei de condensatoare crește direct proporțional cu puterea reactivă maximă produsă de aceasta; în limitele acelorași parametri, solicitările mai mari cauzează uzuri mai rapide, iar la depășirea parametrilor-limită, devine necesară supradimensionarea bateriei; deci, oricum, costul ei crește odată cu puterea reactivă maximă produsă;

— fiecare element de filtrare este parcurs de numai doi curenți: componenta fundamentală, I_1, și componenta I_m, curentul echivalent al armonicilor care încarcă elementul respectiv (CRS_m). Pentru a ține seama în calcule și de curenții armonicilor nefiltrate, care încarcă totuși CRS_m, se adoptă pentru I_m o valoare majorată în raport cu I_{mmt}, curentul de armonică m, absorbit de CRS_m:

$$I_m = \alpha_m \cdot I_{mmt}; \quad (\alpha_m > 1) \tag{1}$$

Aceleași ipoteze simplificatoare sînt aplicate și în cazul criteriului B. Acest criteriu prezintă cîteva variante, în raport cu complexitatea situației ce trebuie rezolvată.

Se menționează mai întîi aplicarea criteriului B într-un caz simplu: eliminarea unei singure armonici de curent, m, de valoare I_{mm}, cu un FA avînd un singur element, CRS_m; puterea instalată în condensatoare trebuie să fie minimă, iar pe fundamentală trebuie produsă o putere cît mai mare, însă în modul cel mai economic.

Încărcarea reactivă a condensatoarelor de capacitate C_m se stabilește cu ajutorul expresiei:

$$Q_{cm} = Q_{1cm} + Q_{mcm} = \lambda_{1N}^2 \cdot U_N^2 \cdot C_m \cdot \omega_1 + \frac{I_m^2}{m \cdot C_m \cdot \omega_1}, \tag{2}$$

în care

Q_{1cm} este puterea reactivă produsă de condensatoare pe fundamentală;

Q_{mcm} — puterea reactivă (echivalentă) produsă de condensatoare pe armonica de acord, m;

ω_1 — pulsația armonicii fundamentale;

λ_{1m} — coeficient de creștere a tensiunii pe armonica fundamentală, la bornele capacității C_m, în funcție de ordinul armonicii de acord:

$$\lambda_{1m} = \frac{U_{1cm}}{U_1} = \frac{m^2}{m^2 - 1}, \tag{3}$$

celelalte notații fiind cunoscute.

Punînd condiția de minimizare a funcției $Q_{cm}(C_m)$, se obține:

$$C_{m(optim)} = \sqrt{\frac{1}{m}} \cdot \frac{I_m}{\lambda_{1m} \cdot U_N \cdot \omega_1} \tag{4}$$

Valoarea optimă a capacității C_m corespunde situației:

$$Q_{1cm} = Q_{mcm}$$

În [5] se demonstrează că, atunci cînd se urmărește în principal obținerea cît mai economică a unei puteri reactive pe fundamentală și în secundar formarea filtrului, este rațional să se stabilească între puterile Q_{1cm} și Q_{mcm} un raport supraunitar relația:

$$\frac{Q_{1cm}}{Q_{mcm}} = k > 1 \tag{5}$$

În acest caz, valoarea economică a capacității C_m se calculează cu relația:

$$C_{m(ec)} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \frac{I_m}{\lambda_{1m} \cdot U_N \cdot \omega_1} \tag{6}$$

Expresia (6) mai este cunoscută în literatura de specialitate și sub denumirea de formulă a lui Hoffman [7].

În [8] se analizează rezolvarea mai multor cazuri practice, în funcție de mărimile care se dau.

Criteriul B poate fi aplicat și în situații mai complexe, spre exemplu în cazul unei instalații de filtrare cu mai multe trepte (CRS) impuse, care trebuie să producă pe fundamentală o anumită putere reactivă, Q_{1t}. Evident, trebuie cunoscute încărcările echivalente I_m ale tuturor CRS, determinate cu expresia (1). Coeficienții α_m — de majorare a curentului de armonică m, pentru compensarea armonicilor netratate și neluate direct în calcule — trebuie de asemenea cunoscuți.

Pentru cele i elemente de filtrare al FA, încărcarea reactivă totală a condensatoarelor se calculează cu relația:

$$Q_{c\Sigma} = \sum_m Q_{cm} = \sum_m \left(\lambda_{1m}^2 \cdot U_N \cdot \omega_1 \cdot C_m + \frac{I_m^2}{m \cdot \omega_1 \cdot C_m} \right) \tag{7}$$

Se minimizează expresia $Q_{c\Sigma}$, punînd condiția evidentă:

$$\sum_m Q_{1m} = \sum_m \lambda_{1m} \cdot U_N^2 \cdot \omega_1 \cdot C_m = Q_{1t} \tag{8}$$

În continuare se alcătuieşte funcţia Lagrange şi apoi se egalează cu zero derivatele sale parţiale în raport cu $C_{m1}, C_{m2}, \ldots C_{mi}$;

$$\mathfrak{L} = \sum_m \left(\lambda_{1m}^2 \cdot U_N^2 \cdot \omega_1 \cdot C_m + \frac{I_m^2}{m \cdot \omega_1 \cdot C_m} \right) + \xi \left(\sum_m \lambda_{1m} \cdot U_N^2 \cdot \omega_1 C_m - Q_{1t} \right).$$

$$\frac{\lambda \mathfrak{L}}{\partial C_{m1}} = \frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial C_{m2}} = \ldots = \frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial C_{mi}} = 0$$

Pentru termenul general, m, vom avea :

$$\frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial C_m} = \lambda_{1m}^2 \cdot U_N^2 \cdot \omega_1 - \frac{I_m^2}{m \cdot \omega_1 \cdot C_m^2} + \xi \cdot \lambda_{1m} \cdot U_N^2 \cdot \omega_1 = 0 \qquad (9)$$

Rădăcina ecuaţiei (9) este :

$$C_m = \frac{I_m}{U_N \cdot \omega_1} \cdot \sqrt{\frac{1}{m \cdot \lambda_{1m} (\lambda_{1m} + \xi)}} \qquad (10)$$

Pentru fiecare CRS se obţine o relaţie de determinare analogă. Capacităţile C_m se determină cu aceste relaţii, în funcţie de parametrul ξ, însă soluţiile trebuie să verifice relaţia de condiţie (8). Rezultă că trebuie procedat prin încercări [9], ceea ce este destul de incomod. Pentru a uşura calculele, se poate continua în modul descris mai jos.

Se porneşte de la expresia puterii produse pe fundamentală de CRS_m :

$$Q_{1m} = U_N \cdot I_{1m} = U_N^2 \cdot C_m \cdot \omega_1 \cdot \lambda_{1m} \qquad (11)$$

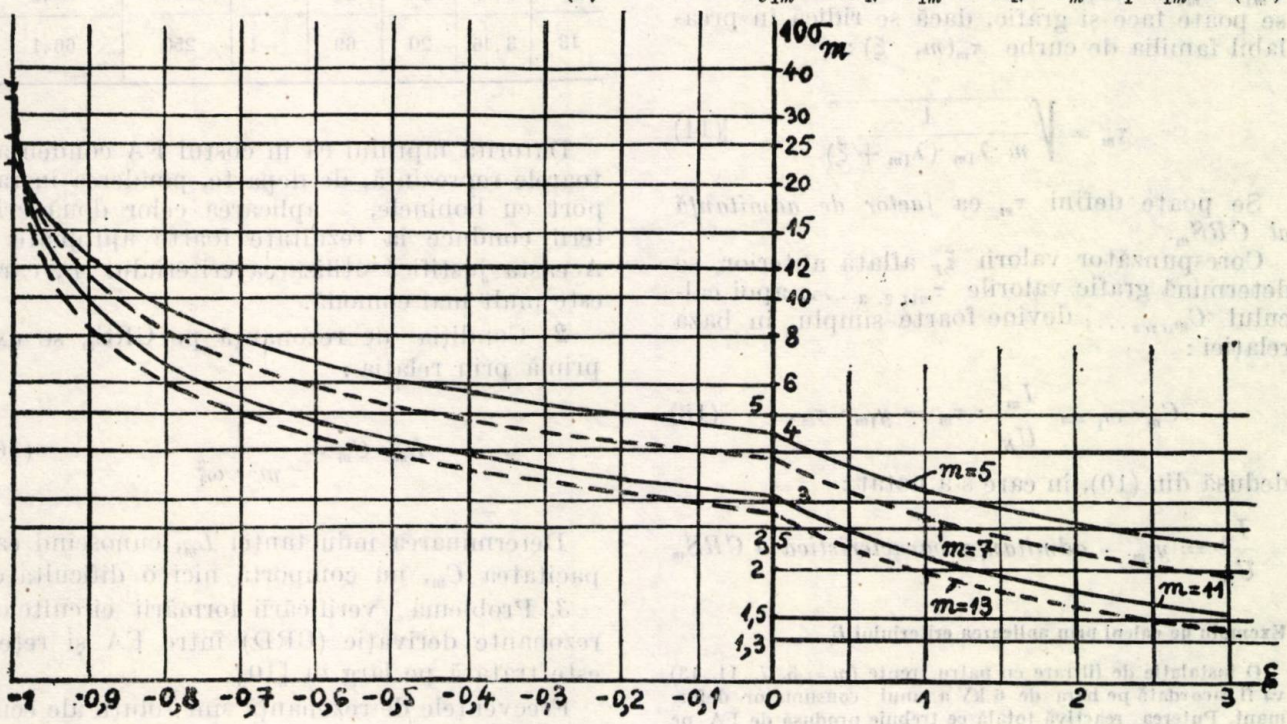


Fig. 1a.

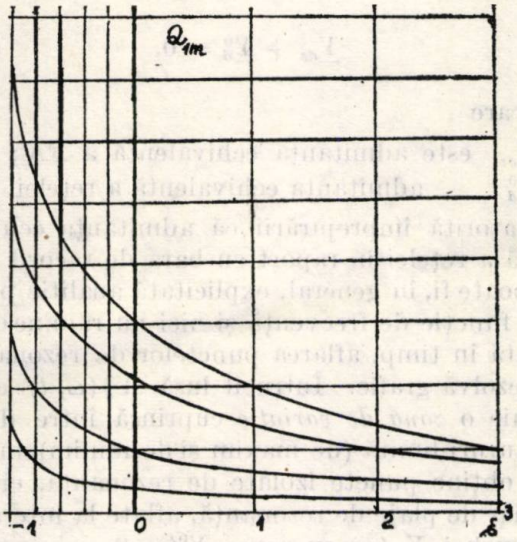


Fig. 1b.

Se înlocuieşte C_m din (11) cu valoarea dată de (10). Se obţine în final :

$$Q_{1m} = \frac{U_N \cdot I_m}{\sqrt{m + \xi \left(m - \frac{1}{m} \right)}} \qquad (12)$$

Notînd :

$U_N \cdot I_m = s_{1m}$ — *puterea caracteristică a* CRS_m,

$\sigma_m = \dfrac{1}{\sqrt{m + \xi \cdot \left(m - \dfrac{1}{m} \right)}}$ — *factor de putere reactivă al* CRS_m,

vom avea :

$$Q_{1m} = s_{1m} \cdot \sigma_m \qquad (13)$$

Factorul σ_m este o funcţie de ξ şi m. Curbele de variaţie $\sigma_m(\xi, m)$ pentru armonicile de ordin 5, 7, 11 şi 13 sînt reprezentate în figura 1 *a*.

Pentru cele i elemente ale FA vom avea:

$$Q_{1m_1} = s_{1m_1} \cdot \sigma_{m_1}$$

$$Q_{1m_2} = s_{1m_2} \cdot \sigma_{m_2}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$Q_{1m_i} = s_{1m_i} \cdot \sigma_{m_i}$$

$$\sum_m Q_{1m} = Q_{1t} = \sum_m s_{1m} \cdot \sigma_m$$

Amplificînd ordonatele curbelor din figura 1*a* cu puterile caracteristice s_{1m}, corespunzătoare celor i trepte de filtrare, şi însumîndu-le, se obţin curbele $Q_{1m}(\xi)$ reprezentate în figura 1 *b*. Pe această diagramă, la Q_{1t} cunoscută, rezultă ξ_F. Cu ξ_F şi expresia (10) se calculează $C_{m1}, C_{m2}, \ldots, C_{mi}$. Determinarea acestor valori se poate face şi grafic, dacă se ridică în prealabil familia de curbe $\tau_m(m, \xi)$:

$$\tau_m = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \lambda_{1m} \cdot (\lambda_{1m} + \xi)}} \qquad (14)$$

Se poate defini τ_m ca *factor de admitanţă al* CRS_m.

Corespunzător valorii ξ_F aflată anterior, se determină grafic valorile $\tau_{m1;\,2,\,3\,\cdots\,i}$ apoi calculul $C_{m_{1,2,3}\ldots i}$ devine foarte simplu, în baza relaţiei:

$$C_m \cdot \omega_1 = \frac{I_m}{U_N} \cdot \tau_m = y_{1m} \cdot \tau_m, \qquad (15)$$

dedusă din (10), în care s-a notat:

$$\frac{I_m}{U_N} = y_{1m} - \textit{admitanţa caracteristică a } CRS_m$$

Exemplu de calcul prin aplicarea criteriului *B*

O instalaţie de filtrare cu patru trepte (m = 5, 7, 11, 13) va fi racordată pe bara de 6 kV a unui consumator deformant. Puterea reactivă totală ce trebuie produsă de FA pe armonica fundamentală este de 3425 kVA. Încărcarea echivalentă maximă cu curenţi de armonică 5, 7, 11 şi 13, pe fiecare dintre cele patru trepte, este respectiv de 50 A, 30 A, 20 A şi 20 A. Conectarea treptelor se face în stea.

Se cere dimensionarea capacităţilor FA şi repartizarea puterii reactive produse pe cele patru trepte.

Rezolvare

Dispunîndu-se de diagramele $\sigma_m(\xi, m)$ pentru m = 5, 7, 11, 13 (fig. 1 *a*), se trasează curbele $Q_{1m}(\xi)$ şi $Q_{1t}(\xi)$ pentru cazul dat, calculînd în prealabil puterile caracteristice $s_{1m} = U_N \cdot I_m$, în care:

$$U_N = \frac{6}{\sqrt{3}} = 3{,}46 \text{ kV};$$

$$I_5 = 50\text{A};\ I_7 = 30\text{ A};\ I_{11} = 20\text{ A};\ I_{13} = 20\text{ A}$$

Puterile reactive din formule şi diagrame (fig. 1 *b*) se consideră pe o fază; deci:

$$Q_{1t} = \frac{1}{3} \cdot 3425 \text{ kVA} \cong 1142 \text{ kVA}$$

Corespunzător valorii $Q_{1t} = 1142$ kVA, pe curba $Q_{1t}(\xi)$ rezultă $\xi_F \cong -1$ şi totodată $Q_{1.5}$, $Q_{1.7}$, $Q_{1.11}$, $Q_{1.13}$.

Cu expresia (10) se calculează valorile capacităţilor C_5, C_7, C_{11}, C_{13}. Rezultatele succesive ale determinărilor sînt cuprinse în tabelul 1.

Evident, capacităţile se obţin pe o fază.

Tabelul 1

m	U_N (kV)	I_m (A)	s_m (kVA)	F	Q_{1m} (kVA)	C_m (μF)
5	3,46	50	173	−1	387	98,7
7	3,46	30	104	−1	275	71,6
11	3,46	20	69	−1	230	60,6
13	3,46	20	69	−1	250	66,1

Datorită faptului că în costul FA condensatoarele reprezintă, de departe, ponderea în raport cu bobinele, aplicarea celor două criterii conduce la rezultate foarte apropiate. Aceasta justifică utilizarea criteriului *B*, care este mult mai comodă.

2. Condiţia de rezonanţă pe CRS_m se exprimă prin relaţia:

$$L_m \cdot C_m = \frac{1}{m^2 \cdot \omega_1^2} \qquad (16)$$

Determinarea inductanţei L_m, cunoscînd capacitatea C_m, nu comportă nici o dificultate.

3. Problema verificării formării circuitelor rezonante derivaţie (CRD) între FA şi reţea este tratată pe larg în [10].

Frecvenţele de rezonanţă sînt soluţii ale ecuaţiei:

$$\underline{Y}_{de} + \underline{Y}_d^0 = 0, \qquad (17)$$

în care

$\underline{Y}_{de}$ este admitanţa echivalentă a FA;

$\underline{Y}_d^0$ — admitanţa echivalentă a reţelei.

Datorită împrejurării că admitanţa echivalentă a reţelei în raport cu bara de racord FA nu poate fi, în general, explicitată analitic printr-o funcţie de frecvenţă şi nici nu rămîne constantă în timp, aflarea punctelor de rezonanţă se rezolvă grafic. Întrucît însă $Y_d^0(\omega, t)$ constituie o *zonă de variaţie* cuprinsă între două contururi-limită (de maxim şi de minim), nu se vor obţine puncte izolate de rezonanţă, ci un număr de plaje de rezonanţă, aflate la intersecţia curbei $Y_{de}(\omega)$ cu zona $Y_d^0(\omega, t)$.

Calea grafică conduce la rezultate îndeajuns de precise, dar presupune efectuarea unui volum important de măsurători prealabile.

Literatura de specialitate propune unele simplificări. Astfel, în [1], [2], [5] rețeaua este echivalentă cu o inductanță constantă; rezultatele obținute sînt cu totul aproximative.

Mai apropiate de realitate sînt rezultatele calculelor analitice care se bazează pe constatarea că, în domeniul frecvențelor joase — pînă la circa 250 Hz — rețeaua se comportă, cu o bună aproximație, ca un circuit derivație $L^{\circ}-C^{\circ}$, acordat pe o frecvență cuprinsă între 100 și 200 Hz. Rezultatele vor fi valabile, desigur, exclusiv în domeniul frecvențelor joase.

Abordarea analitică mai este posibilă și în cazul particular al funcționării în regim insular a zonei ce conține FA.

Indiferent de metoda aplicată, armonicile de rezonanță trebuie să rezulte fracționare și cît mai îndepărtate de armonicile netratate, existente la bara de racord a FA. În caz contrar, trebuie efectuate modificări în dimensionarea elementelor FA care încadrează intervalele respective. Aceasta presupune reluarea calculelor din etapele anterioare, cu abatere inevitabilă de la soluția optimă economic.

4. Verificarea coeficientului de deformare a tensiunii (δU %), corespunzător funcționării cu FA, este necesară în două situații:

— cînd, înainte de apariția FA, din măsurătorile efectuate la bara de racord a rezultat $\delta U > 5$ %;

— cînd FA se instalează concomitent cu apariția, în aceeași zonă, a unui consumator deformant important; acesta este cazul obișnuit. Odată cu intrarea în funcțiune a noilor instalații, se modifică atît circulația armonicilor de curent în zonă, cît și spectrul armonicilor din curba tensiunii, existînd pericolul depășirii limitei de 5% impusă coeficientului de deformare a tensiunii de către normativele în vigoare [11].

Un calcul cît de cît exact al mărimii δU este foarte dificil, din cauza regimurilor variabile ale rețelei. Trebuie luate în considerare cele mai nefavorabile situații constatate prin măsurători, urmînd echivalarea sistemului cu o schemă corespunzătoare. Metoda este laborioasă, dar mai exactă decît procedeele care asimilează rețeaua cu o inductanță constantă [2].

Dacă rezultă $\delta U > 5\%$, trebuie operate modificări în repartizarea puterilor reactive Q_{1m} pe treptele FA sau majorat numărul acestor trepte, soluție mai eficientă [2]. Evident, trebuie reluate de la capăt calculele prevăzute la etapele anterioare, cu noile valori și, eventual, cu noua structură a FA.

5. Calcularea solicitării elementelor FA se referă la tensiuni, curenți și (eventual) puteri reactive.

Din experiența obținută în proiectarea și exploatarea FA din țara noastră, rezultă că evaluarea corectă a solicitărilor în regim deformant constituie etapa esențială în dimensionarea FA. Problema este, în general, deosebit de dificil de rezolvat.

Interesează, în special, solicitarea condensatoarelor, cele mai sensibile componente la supratensiuni și suprasarcini.

Tensiunile

Pe armonica fundamentală, tensiunea aplicată capacității C_m se calculează cu expresia (3), care este ușor de generalizat, astfel încît pentru armonica U_ν existentă la bara de racord, tensiunea $U_{\nu Cm}$, aplicată capacității C_m, se va determina cu relația:

$$U_{\nu Cm} = \frac{m^2}{m^2 - \nu^2} \cdot U_\nu = \lambda_{\nu m} \cdot U_\nu, \quad \text{pentru} \quad \nu \neq m \tag{18}$$

S-a notat cu $\lambda_{\nu m}$ — coeficientul de creștere a tensiunii pe armonica ν, la bornele capacității C_m.

Pentru $\nu = m$, se va utiliza formula:

$$U_{mCm} = \frac{I_m}{m \cdot Y_{1Cm}} \tag{19}$$

unde $Y_{1Cm} = C_m \cdot \omega_1$

În final:

$$U_{Cm} = \sqrt{\sum_{\nu \neq m} (\lambda_{\nu m} \cdot U_\nu)^2 + \left(\frac{Im}{m \cdot Y_{1Cm}}\right)^2} \tag{20}$$

Făcînd ipoteza că tensiunea la bara de racord a FA este practic sinusoidală, supratensiunea procentuală la bornele capacității C_m se calculează, în regim normal, cu:

$$\Delta U_C(\%) = \frac{U_C - U_N}{U_N} \cdot 100 = (\lambda_{1m} - 1) \cdot 100 \tag{21}$$

Pentru inductanțele FA, valoarea tensiunii la borne nu prezintă interes.

Curenții

Pentru predeterminarea cît mai realistă a curenților prin elementul m al FA, trebuie ținut seama de:

— sarcina treptei m, pe armonica fundamentală;

— curenții generați de sursa deformantă;

— curenții proveniți din sistem (rețea).

Pe armonica fundamentală, încărcarea CRS_m este dată de:

$$I_{1m} = U_N \cdot Y_{1Cm} \cdot \lambda_{1m} \tag{22}$$

Pe armonica m, CRS_m absoarbe complet curentul $\underline{I}_{mm}$ generat de sursa deformantă, cît

și curentul $\underline{I}^0_{mm}$ provenit din sistem, astfel că încărcarea totală va fi :

$$\underline{I}_{mmt} = \underline{I}_{mm} + \underline{I}^0_{mm} \qquad (23)$$

În timp ce solicitarea din partea sursei deformante este relativ simplu de determinat prin calcule (cazul mutatoarelor) sau statistic (cazul cuptoarelor cu arc), solicitarea din partea sistemului este mai dificil de apreciat. Se poate evalua $\underline{I}^0_{mm}$, cunoscînd valoarea armonicii m a tensiunii pe bara de racord a FA, în gol, $\underline{U}_{mB(0)}$ și admitanța echivalentă a rețelei pe armonica m, în raport cu aceeași bară :

$$\underline{I}^0_{mmB} = \underline{U}_{mB(0)} \cdot \underline{Y}^0_m \qquad (24)$$

Expresia (24) se obține prin aplicarea teoriei lui Thévenin pentru armonica m a tensiunii, scurtcircuitată de CRS_m.

Cînd bara de racord nu există încă, ci va apărea odată cu consumatorul deformant și bateria FA — ceea ce se întîmplă în mod obișnuit — pentru preliminarea $\underline{I}^0_{mm}$, proiectantul are la dispoziție doar instalația existentă anterior și datele de bază ale ansamblului consumator deformant — filtre de armonici (CD — FA. Un asemenea caz este ilustrat în figura 2 *a*, cu schema echivalentă pe o fază, reprezentată în figura 2 *b*.

În figura 2 *a*, cu linie punctată este încadrată instalația „ulterioară", iar din figura 2 *b* se observă că schema echivalentă corespunde armonicii m, pentru care elementul CRS_m al FA prezintă o impedanță practică nulă.

În ambele scheme apare conectată la bara *A* o impedanță experimentală, $\underline{Z}_m$, care absoarbe curentul $\underline{I}^0_{mzA}$ (din sistem), instalația ulterioară nefiind conectată.

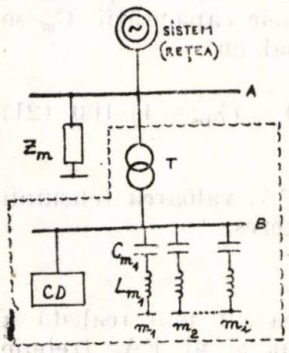


Fig. 2 a

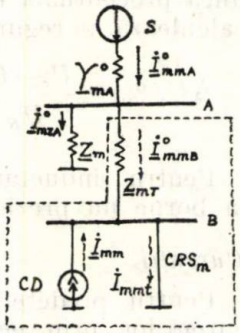


Fig. 2 b.

Sistemul este echivalat cu o sursă care debitează pe admitanța $\underline{Y}^0_{mA}$ un curent $\underline{I}^0_{mmA}$, atunci cînd armonica de ordin m a tensiunii pe bara *A* este scurtcircuitată.

S-a notat cu $\underline{Z}_{mT}$ impedanța transformatorului *T* pe armonica m și cu $\underline{I}^0_{mmB}$ curentul debitat de sistem pe bara *B*, cînd armonica de ordin m a tensiunii pe această bară este scurtcircuitată de către CRS_m, impedanța $\underline{Z}_m$ fiind deconectată.

Se aplică teorema lui Thévenin pe bara *A* în două ipoteze :

a) pe bara *A* este conectată exclusiv impedanța experimentală $\underline{Z}_m$. Vom avea :

$$\underline{I}^0_{mzA} = \frac{\underline{U}_{mA(0)}}{\underline{Z}_m + \underline{Z}^0_{mA}} \cdot \qquad (25)$$

În aceeași ipoteză, curentul $\underline{I}^0_{mmA}$ se poate calcula punînd în expresia (25) :

$$\underline{Z}_m = 0 \; ; \quad \underline{Z}^0_{mA} = \frac{1}{\underline{Y}^0_{mA}}$$

Rezultă :

$$\underline{I}^0_{mmA} = \underline{U}_{mA(0)} \cdot \underline{Y}^0_{mA} \qquad (24')$$

Cu (25) și (24') se obține :

$$\underline{I}^0_{mmA} = \underline{I}^0_{mzA} (1 + \underline{Z}_m \cdot \underline{Y}^0_{mA}) \qquad (26)$$

b) pe bara (*A*) este conectată exclusiv instalația ulterioară (*T* cu CD și FA); în mod analog se deduce :

$$\underline{I}^0_{mmA} = \underline{I}^0_{mmB} (1 + \underline{Z}_{mT} \cdot \underline{Y}^0_{mA}) \qquad (26')$$

Din (26) și (26') rezultă :

$$\underline{I}^0_{mmB} = \underline{I}^0_{mzA} \cdot \frac{1 + \underline{Z}_m \cdot \underline{Y}^0_{mA}}{1 + \underline{Z}_{mT} \cdot \underline{Y}^0_{mA}} = \underline{I}^0_{mm} \qquad (27)$$

În concluzie, contribuția sistemului pe armonica de ordin m, termenul $\underline{I}^0_{mm}$ din expresia (23), poate fi predeterminată experimental. Pentru admitanța $\underline{Y}^0_{mA}$ trebuie adoptată valoarea maximă înregistrată la un număr suficient de măsurători, corespunzînd deci situației celei mai defavorabile (contribuția maximă a sistemului).

Pentru preliminarea curenților de ordin $\nu \neq m_{1,2,3,\ldots i}$, care încarcă CRS_m, trebuie cunoscute mai multe elemente :

— admitanța ansamblului $L_m - C_m$ pe armonica ν; aceasta se calculează cu relația evidentă :

$$\underline{Y}_{\nu m} = \frac{j \cdot \omega \cdot C_m}{1 - \omega^2 \cdot L_m \cdot C_m} =$$

$$= j \cdot \frac{\nu}{1 - \frac{\nu^2}{m^2}} \cdot Y_{1cm} \; ; \qquad (28)$$

— admitanța sistemului, $\underline{Y}^0_\nu$, măsurată la bara de racord a FA, pe armonica ν. Întrucît, pe frecvențele armonicilor, rezistențele elementelor de rețea pot fi neglijate în raport cu reac-

tanţele inductive ale aceloraşi elemente cu care se înseriază, vom avea :

$$\underline{Y}_0^{\nu} \cong j\, B_{\nu}^0 ; \qquad (29)$$

— curenţii debitaţi de sursa deformantă şi de sistem, pe armonica ν, la bara de racord a FA (notată cu B în figura 2 *a*), respectiv $\underline{I}_{\nu}$ şi $\underline{I}_{\nu}^0$.

Cunoscînd aceste date, pe baza schemei din figura 2 *a* se pot calcula curenţii $\underline{I}_{\nu m}$ şi $\underline{I}_{\nu m}^0$ care încarcă CRS_m. Astfel :

$$\underline{I}_{\nu m} = \frac{\nu}{1 - \frac{2}{m^2}} \cdot Y_{1cm} \cdot \frac{\underline{I}_{\nu}}{B_{\nu}^0 + \sum_m \left[\frac{\nu}{1 - \frac{\nu^2}{m^2}} \cdot Y_{1cm} \right]} \qquad (30)$$

În această relaţie, susceptanţa B_{ν}^0 se ia cu semnul (+) sau (—), după cum este capacitivă sau inductivă. Întrucît neglijarea rezistenţelor elementelor de reţea conduce la diminuarea curentului $I_{\nu m}$ — real, formula (30) poate fi îmbunătăţită, înlocuind B_{ν}^0 cu admitanţa Y_{ν}^0, relativ simplu de măsurat. În acest mod, expresia (30) cîştigă în precizie — ca modul — însă menţine o mică eroare de fază, neglijabilă.

Cînd predeterminările trebuie efectuate înainte de apariţia barei B, impedanţa sistemului se măsoară la bara A şi apoi rezultă :

$$\frac{1}{\underline{Y}_{\nu}^0} = \underline{Z}_{\nu}^0 = \underline{Z}_{\nu A}^0 + \underline{Z}_{\nu T} \qquad (31)$$

în care $\underline{Z}_{\nu T}$ este impedanţa pe armonica ν a transformatorului de racord, T, iar $\underline{Z}_{\nu A}^0$ — impedanţa sistemului, măsurată la bara A.

Pe baza aceloraşi premise adoptate pentru deducerea expresiei (30), se ajunge la formula pentru calculul curentului $\underline{I}_{\nu m}^0$:

$$\underline{I}_{\nu m}^0 = \underline{U}_{\nu B(0)} \cdot \frac{\frac{\nu}{1 - \frac{\nu^2}{m^2}} \cdot Y_{1cm}}{\underline{Z}_{\nu}^0 \cdot \sum_m \frac{\nu}{1 - \frac{\nu^2}{m^2}} \cdot Y_{1cm}^{-j}}, \qquad (32)$$

în care $\underline{U}_{\nu B(0)}$ este tensiunea de armonică ν pe bara de racord B, în gol.

Dacă predeterminarea $\underline{I}_{\nu m}^0$ trebuie efectuată înainte de instalarea ansamblului CD — FA, se aplică formula :

$$\underline{I}_{\nu m}^0 = \underline{I}_{\nu}^0 \cdot \frac{\underline{Y}_{\nu m}}{\underline{Y}_{\nu e}}, \qquad (33)$$

în care admitanţa echivalentă a FA pe armonica $\nu \neq m_{1,2\ldots i}$ se calculează cu relaţia :

$$\underline{Y}_{\nu e} = j \sum_m \left(\frac{\nu}{1 - \frac{\nu^2}{m^2}} \cdot Y_{1cm} \right) \qquad (34)$$

Curentul $\underline{I}_{\nu}^0$ se poate obţine, în acest caz, aplicînd teorema lui Thévenin pentru bara A, pe armonica ν :

$$\underline{I}_{\nu}^0 = \frac{\underline{U}_{\nu A(0)}}{\underline{Z}_{\nu A}^0 + \underline{Z}_{\nu T} + \underline{Z}_{\nu e}}, \qquad (35)$$

în care

$$\underline{Z}_{\nu e} = \frac{1}{\underline{Y}_{\nu e}};$$

$$\underline{Z}_{\nu A}^0 = \frac{1}{\underline{Y}_{\nu A}^0};$$

$\underline{U}_{\nu A(0)}$ — tensiunea de armonică ν, pe bara A, în gol, aflată prin măsurători.

Pentru ca valorile curenţilor $\underline{I}_{\nu m}$ şi $\underline{I}_{\nu m}^0$ să fie acoperitoare, este necesar ca măsurătorile referitoare la $\underline{Y}_{\nu}^0$ şi $\underline{Y}_{\nu A}^0$, respectiv $\underline{U}_{\nu B(0)}$ şi $\underline{U}_{\nu A(0)}$, să fie efectuate repetat, în zile diferite şi la ore diferite, iar dintre rezultatele obţinute să fie alese acelea care conduc la valorile maxime ale mărimilor căutate.

În final :

$$\underline{I}_{\nu mt} = \underline{I}_{\nu m} + \underline{I}_{\nu m}^0 \qquad (36)$$

Evident, se poate apoi calcula curentul total prin CRS_m :

$$I_{mt} = \sqrt{I_{1m}^2 + I_{mmt}^2 + \sum_{\nu \neq 1,m} I_{\nu mt}^2} \qquad (37)$$

La deducerea expresiilor pentru calculul curenţilor ce străbat elementele FA, s-au adoptat următoarele ipoteze simplificatoare, în afara cărora metodologia ar fi devenit nejustificat de complicată, practic inabordabilă :

— curenţii armonicilor superioare generaţi de sursa deformantă nu sînt influenţaţi de reţea ;

— curenţii armonicilor superioare proveniţi din sistem se închid exclusiv prin elementele FA.

Neglijarea interdependenţei sistem — sursă deformantă conduce la rezultate acoperitoare şi apropiate de realitate.

În calculele practice, curentul echivalent al armonicilor superioare care încarcă elementul m al FA, I_m, se determină cu relaţia (1), însă trebuie cunoscut coeficientul α_m :

$$\alpha_m = \frac{I_m}{I_{mmt}} > 1$$

Acest coeficient se poate calcula cu relaţia :

$$\alpha_m = \sqrt{1 + \beta_m^2}, \tag{38}$$

în care

$$\beta_m = \frac{\sqrt{\sum_{\nu \neq 1, m} I_{\nu mt}^2}}{I_{mmt}} \tag{39}$$

Predeterminarea coeficienţilor β_m şi α_m cu relaţiile (38) şi (39) nu prezintă interes ; postcalcularea lor cu aceste relaţii este însă utilă în vederea acumulării de date statistice, pe baza cărora, la proiectarea noilor instalaţii de filtrare, se poate evita calea exactă expusă anterior, pentru aflarea curenţilor armonicilor superioare care încarcă elementele FA, aplicînd, în schimb, direct formula (1).

Puterile reactive

În calculele practice interesează puterea reactivă produsă de elementele FA pe fundamentală şi sarcina reactivă a fiecărei capacităţi C_m. Pe armonica fundamentală, elementul m al FA produce puterea :

$$Q_{1m} = \lambda_{1m} \cdot U_N^2 \cdot Y_{1cm}, \tag{40}$$

iar capacitatea C_m se încarcă cu

$$Q_{1cm} = \lambda_{1m}^2 \cdot U_N^2 \cdot Y_{1cm} \tag{41}$$

Pe armonica m, CRS_m nu produce putere reactivă, dar capacitatea C_m preia sarcina :

$$Q_{mcm} = \frac{I_{mmt}^2}{m \cdot Y_{1cm}} \tag{42}$$

Pe o armonică oarecare, $\nu \neq m_1, 2, 3 \cdots i$, puterea reactivă produsă de capacitatea C_m se determină cu relaţia :

$$Q_{\nu cm} = \frac{I_{\nu mt}^2}{\nu \cdot Y_{1cm}} \tag{43}$$

Sarcina reactivă totală a capacităţii C_m va fi deci :

$$Q_{cm} = Q_{1cm} + Q_{mcm} + \sum_{\nu \neq m_1, 2, 3 \cdots i} Q_{\nu cm} \tag{44}$$

În calculele practice, dacă se cunosc valorile coeficienţilor α_m cu suficientă exactitate, pentru cazul tipic analizat, se utilizează relaţiile (1) şi (2).

Oricum, determinarea încărcării reactive a capacităţilor C_m cu formulele (42), (43) şi (44) conduce la rezultate mai precise.

*

Dimensionarea este urmată de alegerea şi verificarea echipamentului FA la solicitările ce pot să apară în exploatare. Întrucît, practic, nu este posibilă acordarea perfectă a bobinelor şi condensatoarelor pe frecvenţele de rezonanţă ale treptelor FA, vor apărea unele devieri ale solicitărilor reale faţă de cele predeterminate.

Concluzii

Dimensionarea propriu-zisă a principalelor componente ale FA, condensatoare şi bobine, constă în parcurgerea celor cinci etape analizate, cu reluările necesare pentru evitarea formării unor circuite rezonante parazite, sau pentru reducerea coeficientului de distorsiune al tensiunii la bara de racord, sub limita impusă.

Pentru ca rezultatele calculelor să fie acoperitoare, trebuie avute în vedere cele mai nefavorabile condiţii de funcţionare a surselor deformante, cînd ponderea armonicilor generate este maximă, iar spectrul lor conţine şi armonici necaracteristice, accidentale. De asemenea, este de mare importanţă evaluarea cît mai corectă a contribuţiei sistemului (reţelei).

Dimensionarea precisă a elementelor FA presupune efectuarea unui volum apreciabil de măsurători, precum şi calcule mai laborioase, dar constituie o garanţie pentru exploatarea eficientă a instalaţiilor respective. Pe de altă parte, calculele aproximative sînt mai simple şi mai practice, însă, pentru a fi acceptabile, trebuie să se dispună de suficiente date statistice din exploatarea unor instalaţii similare ; măsurătorile prealabile nu pot fi totuşi eliminate complet.

Bibliografie

[1] Comşa, D., Darie, S., Marin, V. şi Chindiş, M. *Proiectarea instalaţiilor electrice industriale.* Editura didactică şi pedagogică, Bucureşti, 1979.

[2] Arie , E., Nicolae, P. şi Cristea, H. *Compensarea regimului deformant la instalaţii de redresare echipate cu baterii de condensatoare.* În : Studii şi cercetări de energetică, seria A, Energetică generală şi electroenergetică. Ed. Academiei R.P.R., Bucureşti, 1963.

[3] Bâlă, C., Pomîrleanu, M. şi Bîrgăuanu, M. *Compensarea regimului deformant la instalaţiile de redresare echipate cu baterii de condensatoare.* În : Studii şi cercetări de energetică, seria A, Energetică generală şi electroenergetică. Ed. Academiei R.P.R., Bucureşti 1963.

[4] Cristea, H. şi Fecioru, I. *Regimul deformant — efect secundar în regimurile de compensare a puterii reactive la un consumator industrial.* În : Energetica, 27, nr. 3, 1979.

[5] Garabet, T., Bivol, I. şi Neagu, M. *Utilizarea redresoarelor comandate în acţionări electrice.* Editura tehnică, Bucureşti, 1969.

[6] Blechta, A. *Baterii de condensatoare-şunt montate în staţii, pentru compensarea energiei reactive în reţelele de distribuţie.* C.P.L. — M.E.E., Bucureşti, 1978.

[7] Gîrlaşu, Şt. *Estimarea puterii reactive în scopul compensării la instalaţii cu acţionări reglabile şi recuperare de energie.* În : Energetica, 20, nr. 11, 1972.

[8] Puşcaşu, S. şi Marcovici, J. *Mărimi şi regimuri electrice nesinusoidale.* Ed. Scrisul românesc, Craiova, 1974.

[9] * * * *Studiu de condiţii tehnice privitoare la echipamentele şi materialele energetice. Condiţii tehnice pentru dimensionarea filtrelor de armonici la consumatorii deformanţi.* ISPE — Bucureşti, lucrarea nr. 827/1975.

[10] Cocoş, Em. *În legătură cu evitarea producerii rezonanţei filtrelor de absorbţie cu reţeaua.* În : Energetica, 27, nr. 11—12, 1979.

[11]* * * *Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali şi similari* — PE 124/1978.

[12] Sundberg, Y. *Influence du four à arc sur le réseau.* În : ASEA-Revue, nr. 5, 1976.

[13] Möltgen, G. *Tiristoarele în practică. Mutatoarele cu comutaţie de la reţea.* Editura tehnică, Bucureşti, 1970.

(Articol intrat în redacţie la 30 ianuarie 1980)

Dispozitiv pentru semnalizarea încălzirilor excesive în clemele instalaţiilor electrice de înaltă tensiune

Ing. **Al. Tofan**, ing. **N. D. Sufleţel**, ing. **I. Antonescu**, ing. **M. Tomniuc** şi dr. ing. **St. Ivăşcan***)

Mărirea nivelului de siguranţă în funcţionarea liniilor electrice aeriene de înaltă şi medie tensiune şi a staţiilor de transformare constituie una din preocupările principale ale personalului muncitor din sectoarele de cercetare, proiectare, construcţie şi exploatare a echipamentelor electroenergetice.

Menite să alimenteze cu energie electrică platforme industriale, localităţi urbane şi rurale, liniile electrice de înaltă şi medie tensiune şi staţiile de transformare pot fi supuse unor fenomene care accelerează procesele de uzură, după caz, fie a întregului echipament electric, fie, cu preponderenţă, funcţie de solicitări şi alte condiţii speciale, numai a anumitor părţi din acest echipament.

Practica arată că atît în cazul liniilor electrice aeriene, cît şi în cel al staţiilor de transformare, datorită fie condiţiilor de lucru deosebit de incomode (la mare înălţime) şi de grele (condiţii atmosferice şi climaterice), fie unei doze de superficialitate şi grabă în execuţia lucrărilor, unele din legăturile rigide, flexibile sau izolate, între diferitele părţi ale echipamentului electric, sînt executate necorespunzător. Ca urmare, rezistenţele electrice de contact la curenţii transportaţi, ale căror valori sînt de 0—2000 A, produc încălzirea pieselor din joncţiunile respective. Aceste legături sînt efectuate cu ajutorul clemelor de o mare varietate tipodimensională (CLP, CLR, CDR, CDA), pentru conductoare de oţel-aluminiu cu secţiuni de pînă la 680 mm^2.

Creşterea rezistenţei electrice în legături se poate datora nu numai contactelor imperfecte, realizate defectuos din punctul de vedere al strîngerii pieselor corespunzătoare, ci şi formării, în timp, între piesele puse în contact, a unor pelicule de substanţe cu rezistenţă electrică mare, ale căror grosimi cresc continuu pe seama materialului pieselor respective. Astfel, în atmosfera de pe teritoriul sau din vecinătatea zonelor industriale, în special a platformelor chimice, sînt prezenţi o serie de factori ale căror acţiuni conjugate, amplificîndu-se reciproc, pun în primejdie, după o anumită perioadă de timp, securitatea liniilor de transport şi a unor secţiuni din staţiile electrice de transformare.

Sub influenţa factorilor naturali şi a poluanţilor chimici dispersaţi în atmosferă, se iniţiază şi se întreţin procese de coroziune a tuturor părţilor metalice ale echipamentului electric [2], [3]. Vitezele acestor procese sînt foarte diferite, putînd atinge valori extrem de mari [2], [3], [4], [5], [6], funcţie — evident — de concentraţia agenţilor chimici prezenţi în zonă şi de aportul factorilor atmosferici ; în absolut toate cazurile, acest aport constă în accelerarea şi amplificarea acţiunii agresive a agenţilor chimici.

Procese accentuate de coroziune afectează stîlpii metalici (chiar şi pe cei protejaţi anticorosiv) ori armătura metalică a stîlpilor din beton, ancorele, conductoarele active şi cele de gardă [3], clemele [2], [4], [5] şi alte piese ale echipamentului de transport, transformare şi distribuţie a energiei electrice. În condiţiile atmosferice, indiferent de anotimp [4], [5], [6], poluanţii chimici formează soluţii agresive care pătrund în cleme întreţinînd în interiorul lor procese de coroziune. Produsele rezultate [2], în special oxizii şi hidraţii de aluminiu, formează straturi cu rezistenţă electrică mereu crescîndă la transferul energiei electrice între capetele conductorului prins în clemă. Drept rezultat, apar încălziri ale acestor legături electrice [2].

*) Şef lucr. ing. Alexandru Tofan, şef lucr. ing. Ion Antonescu şi prof. dr. ing. Ştefan Ivăşcan sînt cadre didactice, iar ing. Mihai Tomniuc este cercetător la Facultatea de tehnologie chimică, Institutul politehnic „Gh. Asachi" din Iaşi ; ing. Nicolae D. Sufleţel este inginer-şef la Întreprinderea de reţele electrice Iaşi.

Cele două mecanisme conduc la instalarea primelor procese generatoare de căldură prin efect Joule-Lenz, pe seama energiei electrice transportate prin legăturile respective. Din acest moment încălzirea clemelor afectate de procese de coroziune sau care prezintă contacte slabe decurge în avalanșă, temperatura ridicată și rezistența electrică mare opusă la trecerea curentului electric amplificîndu-se reciproc, coexistînd, evident, și procesele termogeneratoare primordiale descrise [2]. În același sens acționează, acolo unde este cazul, și micșorarea, datorită acelorași procese de coroziune, a secțiunii cămășii din tablă de aluminiu din unele tipuri de cleme [2], [3].

În zonele caracterizate de precipitații frecvente și abundente, efectul acestora asupra proceselor descrise este complex și contradictoriu [3]. Astfel, pe de o parte, precipitațiile purifică aerul atmosferic de poluanții chimici, iar pe de altă parte îndepărtează din interiorul clemelor oxizii și hidrații metalici formați și care constituie pelicule protectoare pentru substratul metalic care i-a generat. Ca atare, procesul de coroziune este reluat cu aceeași intensitate și cu aceleași efecte negative.

Creșterea excesivă a temperaturii în cleme duce la topirea și secționarea conductoarelor liniei [2] sau a barelor colectoare, scoțîndu-le din funcțiune pentru perioade relativ lungi (10—20 ore sau chiar mai mult). Pînă de curînd [1] nu existau metode și dispozitive pentru decelarea și semnalizarea încălzirilor excesive în legăturile (clemele) dintre diferitele secțiuni ale echipamentului electric. Cauzele acestor încălziri erau, în parte, cunoscute (rezistențe de contact datorită strîngerilor slabe), în parte bănuite (pelicule de oxizi metalici formate în procesele de coroziune întreținute de poluanții chimici) și constatate abia în cazul avariilor sau la controalele efectuate asupra stării armăturilor, cînd pot fi înlocuite porțiunile de echipament avariat, precum și acele porțiuni care prezintă contacte slabe sau corodări accentuate, spre a evita o avarie iminentă.

Analiza proceselor de coroziune evidențiază că acestea pot provoca avarierea echipamentului electric în perioada dintre două revizii succesive, în decurs de numai cîteva săptămîni, chiar și în punctele care, la controalele respective, nu prezintă nici un semn de atac corosiv. De aici rezultă necesitatea depistării timpurii a proceselor descrise, care, afectînd clemele și alte tipuri de legături, generează în acestea încălziri care depășesc 100—120°C, valori considerate ca maxim admisibile pentru funcționarea în condiții de siguranță a echipamentului electric și a căror depășire conduce, aproape fără excepție, la avarierea acestuia.

Analiza posibilităților cunoscute de localizare a încălzirilor excesive în legăturile electrice

Se cunosc procedee de măsurare la distanță a temperaturii [7]: cu pirometre optice (cu termoelemente, cu celule de sulfit de sodiu, bolometre etc.), metode și aparate descrise ca proprii pentru identificarea contactelor de susținere defectuoase, a locurilor de înnădire care prezintă contacte slabe (rezistențe de contact mari), a contactelor de separatoare etc. din liniile electrice aeriene și stațiile de transformare cu conductoare neizolate, cu deosebire din liniile de transport la înaltă tensiune a energiei electrice. Dintre aceste procedee, unele pot fi aplicate în determinarea gradului de încălzire a legăturilor în stațiile de transformare de tip interior sau exterior, datorită fie slăbirii contactelor, fie proceselor de coroziune. Nici unul dintre aceste procedee nu poate fi practicat pentru decelarea încălzirilor, indiferent de cauză, în clemele liniilor de înaltă tensiune. Unele dintre metodele cunoscute presupun folosirea unei aparaturi complicate și costisitoare, cu care nu se pot face determinări în orice condiții, un personal de exploatare și întreținere cu calificare deosebită; altele prezintă fiabilitate redusă și imprecizie.

Cercetarea eșantioanelor de echipament electric prelevate din instalațiile avariate datorită contactelor slabe, din județele: Neamț, Bacău, Suceava, Sibiu, Cluj, Iași, Timișoara, Constanța [2], [4], [5], [6], precum și rezolvarea unor teme de cercetare contractuală privind elucidarea cauzelor unor avarii și stabilirea mijloacelor de protecție anticorosivă a echipamentului liniilor și stațiilor electrice de pe teritoriul sau din vecinătatea unor puternice zone industriale, cu mari platforme chimice (Roznov, Săvinești—Neamț, Borzești—Bacău, Copșa Mică, Litoralul Mării Negre), în a căror atmosferă sînt prezente concentrații ridicate de agenți chimici corosivi (clor, bioxid de sulf, picături de soluții saline etc.) [3], 4, 5, 6], au prilejuit punerea la punct a unui dispozitiv pentru semnalizarea încălzirilor excesive în cleme, în general, în orice tip de legături între diferite părți ale echipamentului electric.

Acest dispozitiv oferă posibilitatea indicării locului de apariție a acelui prag termic a cărui depășire este considerată periculoasă pentru securitatea legăturilor respective. În ceea ce privește momentul apariției acestui prag termic limită, dispozitivul îl semnalizează: constatarea acestui fapt, după o perioadă de timp mai mare sau mai mică de la semnalizare, depinde de frecvența cu care se efectuează controalele asupra stării dispozitivelor montate pe cleme și de dificultățile legate de aceste controale.

Dispozitivul experimentat și brevetat [1] (fig. 1 — 7), și introdus în exploatare, înlătură unele dintre dezavantajele altor procedee, prin

aceea că, pentru semnalizarea încălzirilor excesive în cleme, se folosește o piesă detașabilă, fixată de un șurub al clemei supravegheate (de preferat unul din șuruburile mediane), printr-o îmbinare de tip concrater, cu ajutorul unei pelicule dintr-un aliaj metalic cu punct de topire astfel ales încît să cedeze în momentul în care temperatura clemei depășește valoarea critică. Piesa detașabilă — de care este fixată o altă piesă, din material plastic colorat — rămînînd suspendată de șurub, prin intermediul unei clame și al unui lănțișor, permite observarea comodă a noii poziții a dispozitivului și semnalizează astfel necesitatea intervenției la clema respectivă.

Construcția și funcționarea dispozitivului de semnalizare

Principiul constructiv și funcțional al dispozitivului trebuie să corespundă unor necesități și restricții impuse de tipurile de legături între conductoare la care va fi montat, de condițiile de exploatare și de posibilitățile de supraveghere și control periodic al stării lui:

— să preia cît mai fidel căldura provenită din procesele termogeneratoare din interiorul legăturilor la care este atașat;

— să semnalizeze prompt, fără echivoc și vizibil cu ochiul liber sau cu un instrument optic accesibil, momentul instalării pragului termic critic;

— să fie aplicabil oricărui tip de clemă, să poată fi montat cu ușurință în condițiile cele mai grele de lucru;

— să fie ieftin, ușor de confecționat, cu consum redus de materiale și manoperă;

— să fie fiabil; integritatea fizică și funcționarea sa să nu fie afectate de condițiile atmosferice sau de prezența unor agenți chimici corosivi;

— prezența sa să nu afecteze rezistența mecanică și funcționarea clemelor la care este montat, să nu mărească posibilitățile de apariție sau să intensifice pierderile și perturbările prin efect corona.

Dispozitivul de semnalizare este constituit (fig. 1) dintr-o piesă detașabilă, *1*, confecționată din bară de oțel (Ø 12 mm) și prelucrată la capătul *a* în formă de con, prin intermediul căruia se atașează la un șurub, *2*, al clemei electrice *10*. În acest scop, în capul hexagonal *b* al șurubului se practică un crater conic cu același unghi de deschidere ca al conului *a*. Legătura dintre cele două piese este realizată cu ajutorul unei pelicule, *3*, constituită dintr-un aliaj fuzibil, cu punct de topire bine determinat (fig. 2).

La capătul *c* al piesei *1* se fixează, cu ajutorul șurubului *4*, o piesă *5* de formă pătrată (50 × × 50 mm) sau rotundă (Ø 50 mm), confecționată din material plastic colorat (fig. 1, 3). Această piesă înlesnește observarea poziției piesei detașabile.

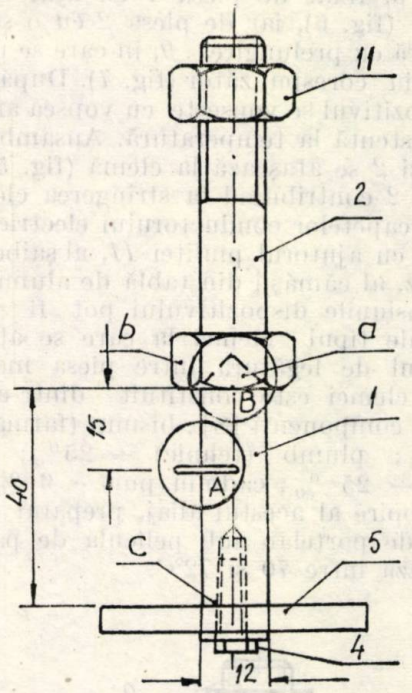


Fig. 1. Vedere laterală a dispozitivului nemontat pe clemă și fără șaibă de prindere.

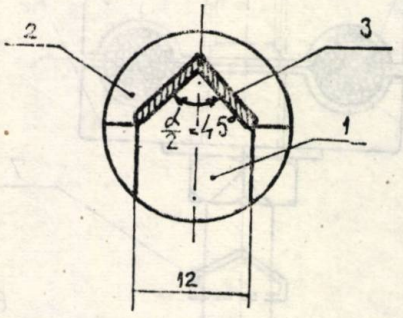


Fig. 2. Detaliul B de îmbinare a piesei detașabile cu șurubul clemei.

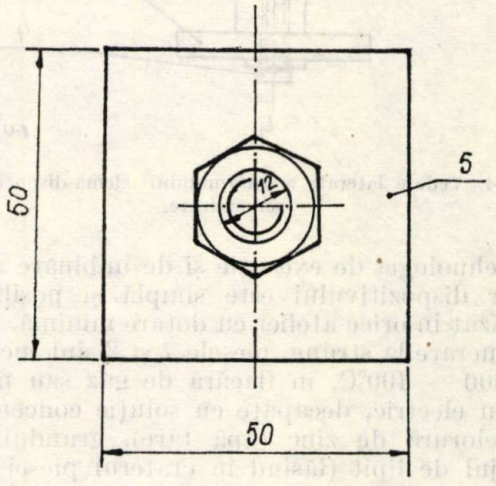


Fig. 3 Plăcuța din material plastic atașabilă piesei *1*.

Pentru reținerea și recuperarea piesei *1*, după detașarea ei de șurubul *2*, este prevăzut un lănțișor *6*, fixat de piesa *1* cu ajutorul unei clame *7* (fig. 6), iar de piesa *2* cu o șaibă *8*, prevăzută cu prelungirea *9*, în care se practică un orificiu corespunzător (fig. 7). După execuție, dispozitivul se vopsește cu vopsea anticorosivă rezistentă la temperatură. Ansamblul pieselor *1* și *2* se atașează la clemă (fig. 5 și 4), șurubul *2* contribuind la strîngerea clemei și, în ea, a capetelor conductorului electric multifilar *13*, cu ajutorul piuliței *11*, al șaibei *12* și, după caz, al cămășii din tablă de aluminiu *14*.

Dimensiunile dispozitivului pot fi variate, funcție de tipul clemei la care se atașează. Materialul de legătură între piesa mobilă și șurubul clemei este constituit dintr-un aliaj cu patru componenți [8] : bismut (farmaceutic) — 44 %; plumb (tehnic) — 25%; staniu (tehnic) — 25 %; cadmiu (pur) — 6 %. Punctul de topire al acestui aliaj, preparat într-un creuzet de porțelan sub peliculă de parafină, se situează între 70 și 72°C.

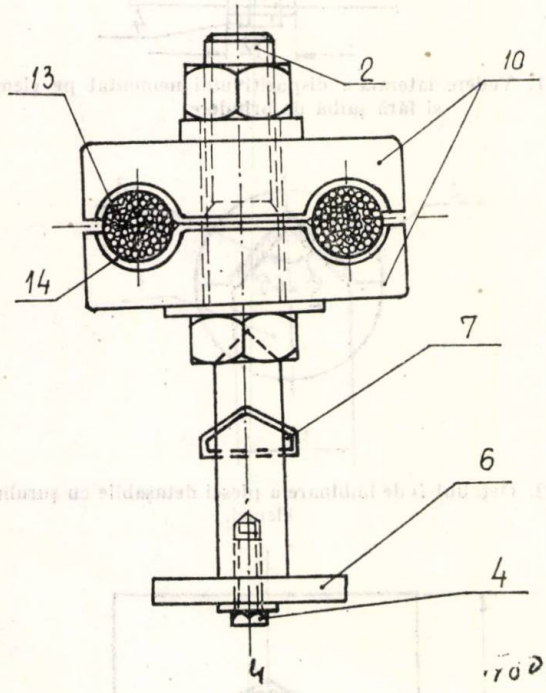


Fig. 4. Vedere laterală a ansamblului clemă-dispozitiv de semnalizare.

Tehnologia de execuție și de îmbinare a pieselor dispozitivului este simplă și posibil de realizat în orice atelier cu dotare minimă. După prelucrare la strung, piesele *1* și *2* sînt încălzite la 300 — 400°C, în flacără de gaz sau pe un reșou electric, decapate cu soluție concentrată de clorură de zinc (apă tare), grunduite cu aliajul de lipit (lăsînd în craterul piesei *2* un mic exces de aliaj), cuplate axial în poziție verticală și, menținîndu-le în această poziție

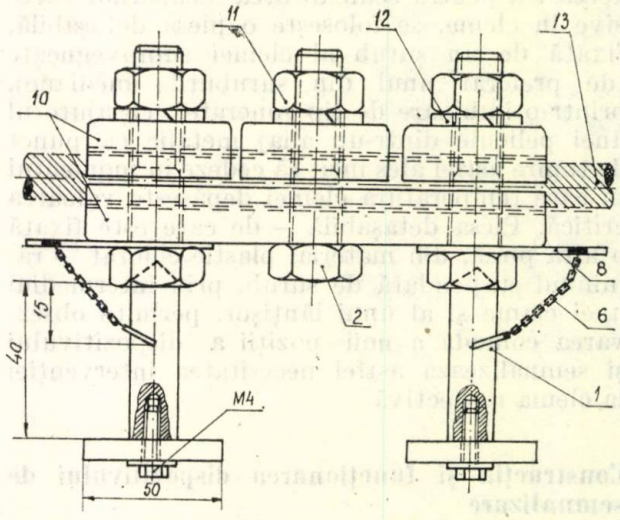


Fig. 5. Vedere din față a ansamblului clemă-dispozitiv de semnalizare.

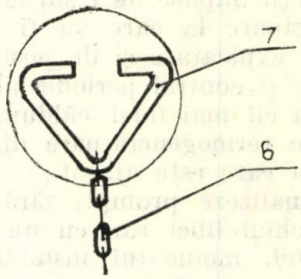


Fig. 6. Detaliul A privind clama de prindere a lănțișorului de susținere.

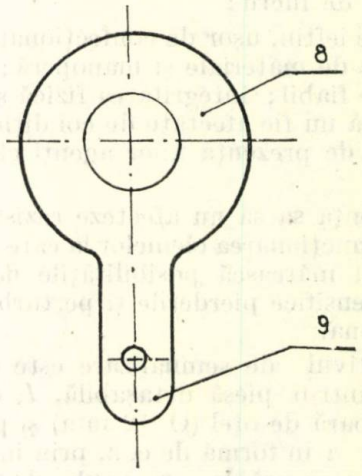


Fig. 7. Vedere de sus a șaibei de prindere a lănțișorului de susținere.

cu ajutorul unor clești de forjă sau clești-patent, sînt introduse sub un jet de apă rece, timp de cîteva secunde, pînă la solidificarea aliajului de joncțiune. Apoi dispozitivul este lăsat încă 20—30 minute sub apă (de preferat curgătoare) pentru îndepărtarea urmelor de soluție decapantă. După uscare și degresare cu solvenți comuni, urmează vopsirea cu vopsea anticorosivă,

montarea rondelei *5* și a lănțișorului de susținere.

Consumul mediu de aliaj pentru un dispozitiv este de 0,7 g, iar consumul de timp de circa 30 minute.

Testarea ditpozitivului de semnalizare

Confirmarea sensibilității și fidelității în funcționare, precum și a stabilității dispozitivului în diferite condiții de exploatare, a rezultat dintr-o serie de încercări efectuate în laboratoarele Institutului politehnic Iași, Întreprinderii de rețele electrice Iași și ale ICEMENERG—București.

1. *Probe de rezistență mecanică la tracțiune și încovoiere*

Încercările au fost efectuate pe dispozitive cu diametrul secțiunii transversale de 12 mm; pentru probele de încovoiere, distanța între punctele de sprijin a fost de 80 mm. Rezultatele sînt cuprinse în tabelul 1.

2. *Încercări cu privire la fidelitatea și promptitudinea semnalizării*

S-a urmărit ca diferența de temperatură între clemă și zona lipiturii să fie cît mai mică. Încălzirea clemei s-a făcut într-o schemă similară celor din exploatare, clema fiind parcursă de un curent egal cu $(0,5 - 1)\, I_n$. Mărirea rezistenței de contact s-a făcut prin slăbirea treptată a șuruburilor acesteia. Rezultatele sînt incluse în tabelul 2.

În tabelul 2 s-au notat cu: I_s — curentul de circulație prin clemă, A; t_1 — temperatura inițială în clemă, °C; t_2 — temperatura medie în clemă în momentul declanșării dispozitivului, °C; t_3 — temperatura dispozitivului în momentul declanșării, °C; τ — timpul de încălzire pînă la declanșare, minute.

S-a observat că, în timp, clemele se încălzesc inegal, ceea ce a condus la ideea utilizării a opt puncte de măsurare a temperaturii în clemă și a unui punct de măsurare pe dispozitiv. De asemenea, s-a utilizat un număr mai mare de dispozitive montate pe aceeași clemă. Pentru un număr de trei dispozitive amplasate în cele trei racorduri ale clemei tip CDR—3, s-au obținut rezultatele redate în tabelul 3.

Tabelul 1

Rezultatele testelor de rezistență mecanică

Nr. crt.	Încercări la tracțiune			Încercări la încovoiere		
	Dispozitive testate	Sarcina de rupere, dN	Efort unitar de rupere, dN	Dispozitive testate	Sarcina de rupere dN,	Efort unitar de rupere, dN/cm²
1	2	100—150	111	1	60— 70	755
2	3	150—200	133—159	2	70— 80	870— 920
3	5	200—250	184—207	6	80— 90	944—1040
4	2	250—300	221—243	5	90—100	1062—1110
5	2	300—350	271	1	100—110	1287
6	1	350—400	316	1	110—120	1310
7	2	400—450	374	1	120—130	1395
8	1	450—500	418	—	—	—

Dispersia destul de mare a valorilor din tabelul 1 denotă unele neuniformități, de la un dispozitiv la altul, în ceea ce privește lipirea celor două piese. Rezultatele au fost obținute pentru dispozitive care, din momentul lipirii pieselor *1* și *2* și pînă la efectuarea încercărilor, au fost menținute la temperaturi de circa 22°C. Aceleași încercări de rezistență au fost făcute și asupra a trei serii de cîte zece dispozitive, identice, dar menținute perioade de 3, 5 și 10 zile în gheață carbonică, la temperaturi de circa —75°C. Valorile rezistenței mecanice pentru acestea au fost, indiferent de durata de „refrigerare", apropiate de cele din tabelul 1, înregistrîndu-se aceeași dispersie medie, ceea ce denotă că temperaturile joase nu produc modificări în structura peliculei de aliaj. Se poate deci conchide că partea mobilă a dispozitivului nu se autodesprinde sau nu se detașează de partea fixă la șocuri slabe survenite în timpul transportului, montării etc., confirmînd totodată posibilitatea utilizării dispozitivului în condițiile unei clime oricît de reci.

Tabelul 2

Nr. crt.	I_s, A	t_1, °C	t_2, °C	t_3, °C	t_2-t_3, °C	τ, min
	Pentru cleme tip CDR—2					
1	sub 300	14	98	94	4	38
2	300—350	14	95	92	3	50
3	350—400	14	99	97	2	27
4	400—450	14	103	98	5	14
	Pentru cleme tip CDR—3					
3	350—400	14	118	99	19	36
2	400—450	14	120	99	21	48
3	450—500	14	127	99	28	21
4	500—550	14	135	100	35	14

Tabelul 3

Nr. crt.	Curentul în clemă, A	Timp de declanşare, min		
		Dispozitiv nr. 1	Dispozitiv nr. 2	Dispozitiv nr. 3
1	880	1,0	4,0	5,0
2	860	1,5	3,0	3,0
3	870	1,5	3,5	3,5
4	860	1,5	4,0	5,0
5	875	1,5	3,5	4,0

Dispersia destul de mare a valorilor timpului de declanşare, de la un dispozitiv la altul, se datoreşte strîngerilor neuniforme, realizate intenţionat, ale şuruburilor racordurilor clemei.

3. *Încercări la vibraţii*

Aceste încercări au fost efectuate cu scopul de a verifica rezistenţa îmbinării lipite la efectul oscilaţiilor datorate agenţilor atmosferici. Severitatea încercărilor este caracterizată de :

— acceleraţie, 2 g ;
— frecvenţa (f), 40 Hz ;
— durata, 16 ore.

Numărul dispozitivelor testate : 10.

Vibraţiile au fost aplicate perpendicular pe axul clemei.

După această probă dispozitivele nu au suferit modificări ale rezistenţei mecanice a îmbinării lipite şi nici ale fidelităţii şi promptitudinii semnalizării temperaturii din cleme.

4. *Încercarea la îmbătrînire naturală*

Un număr de zece dispozitive, ataşate la cleme tip CIR—3 AR, montate pe conductor OL—Al cu secţiunea de 450 mm², au fost menţinute timp de 6 luni în condiţii de exploatare. Supuse apoi probelor de vibraţii, aceleaşi dispozitive au fost încercate pentru verificarea promptitudinii semnalizării. Prin conductor şi cleme a fost trecut un curent de 870 A ; contactele s-au încălzit la 95—100°C. Toate cele zece dispozitive au semnalizat depăşirea temperaturii la 95—100°C.

5. *Încercări privind determinarea nivelului perturbator*

S-au urmărit perturbaţiile produse următoarelor echipamente pentru staţii de 110 kV :

— clemă tip CLR—3 Al/OL—Al, pentru conductor de 450 mm² ;
— acelaşi tip de clemă, dotată cu dispozitiv de semnalizare.

Măsurarea nivelului perturbator s-a efectuat conform metodologiei standard [10]. S-a constatat că tensiunile perturbatoare produse echipamentului sînt mai mici decît nivelul perturbator de referinţă (de 1 μV). Perturbaţia dată de dispozitiv nu influenţează nivelul general de perturbaţii al clemei, intrînd în eroarea de măsură a metodei.

6. *Încercări de stabilitate la curenţii de scurtcircuit*

Este necesar ca încălzirea de scurtă durată a echipamentului electric datorită trecerii curenţilor de scurtcircuit să nu producă declanşarea dispozitivului, deci semnalizări false. Din bilanţul termic calculat rezultă că aceste cantităţi de căldură nu pot produce topirea aliajului din joncţiunea pieselor dispozitivului, creşterea temperaturii fiind de numai 1—2°C faţă de temperatura iniţială.

7. *Teste de fiabilitate*

Încălzirea excesivă a clemelor datorită proceselor termogeneratoare descrise este urmată de detaşarea piesei mobile a dispozitivului. Acesta poate fi refăcut, prin relipirea celor două piese principale, de un număr oricît de mare de ori.

Determinările efectuate asupra unor dispozitive refăcute de 20—25 de ori au evidenţiat că nu există nici o diferenţă în comportarea lor, indiferent de numărul de detaşări şi relipiri ale pieselor componente, cu condiţia ca relipirile să fie corect executate.

8. *Testări ergonomice şi fiziologice*

Detaşarea piesei mobile poate fi observată cu uşurinţă datorită dimensiunilor şi culorii plăcii (rondelei) 5, chiar pentru cazul clemelor montate la înălţimea liniilor de înaltă tensiune ; pentru acest caz, rezultate bune dă utilizarea unui binoclu obişnuit.

Concluzii

1. Clemele şi alte tipuri de legături între părţile componente ale echipamentului electric al liniilor şi staţiilor de transformare de înaltă şi medie tensiune pot suferi încălziri excesive datorate contactelor imperfecte sau prezenţei unor pelicule rezistive generate în procesele de coroziune întreţinute de agenţii chimici poluanţi din atmosferă.

2. Aceste încălziri peste limitele admise pot fi localizate şi semnalizate cu ajutorul unui dispozitiv ieftin, de construcţie şi funcţionare simplă, care se ataşează la legăturile supravegheate, putînd fi utilizat în orice condiţii climaterice.

3. Dispozitivul creat are, faţă de alte sisteme existente, avantajele unei mari fiabilităţi, unei bune sensibilităţi în decelarea şi semnalizarea încălzirii şi posibilităţii de utilizare la clemele montate la mari înălţimi.

4. Clemele dotate cu asemenea dispozitive, existente într-o staţie de transformare, permit personalului de exploatare să sesizeze clemele în care au loc încălziri peste limitele admise, şi care constituie puncte slabe în instalaţie, conducînd totodată la mărirea duratei dintre două intervenţii programate, cu implicaţii pozi-

tive asupra creşterii productivităţii muncii şi reducerii consumului propriu tehnologic.

5. Semnalizarea încălzirilor excesive permite personalului de exploatare să scoată din funcţiunea echipamentele la care clemele s-au încălzit peste valorile admise, luînd măsuri pentru alimentarea consumatorilor pe alte căi de curent.

6. Dispozitivul se poate extinde atît la instalaţii electrice (linii electrice aeriene de 6—220 kV, posturi şi staţii de transformare ş.a.), cît şi la alte genuri de instalaţii la care încălzirea peste anumite limite a unor subansambluri devine periculoasă, putînd conduce la avarii.

7. Semnalizarea încălzirii clemelor montate într-o staţie de transformare atît pe partea de înaltă, cît şi pe cea de medie tensiune, precum şi a celor dintr-un post de transformare, montate pe partea primară, contribuie la evitarea întreruperilor de durată în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor, evitînd, uneori, mari pierderi economice, precum şi la eliminarea posibilităţilor de producere a unor incidente importante în staţiile de sistem.

8. În varianta prezentată în lucrare, semnalizarea încălzirilor excesive are loc atunci cînd în cleme temperatura atinge valori relativ ridicate. Acest nivel termic poate fi coborît prin alegerea unui aliaj cu punct de fuzibilitate inferior celui prezentat mai sus.

9. Montarea dispozitivului de semnalizare a încălzirilor excesive la clemele de pe liniile de înaltă şi medie tensiune are o eficienţă mai scăzută prin faptul că aceste cleme nu sînt supravegheate permanent; controlul stării lor, cu o frecvenţă mai mare, este legat de unele dificultăţi datorate condiţiilor atmosferice, climaterice, de relief etc. În zonele caracterizate de concentraţii mari în agenţi chimici corosivi, controlul periodic şi frecvent al armăturilor liniilor electrice dotate cu astfel de dispozitive de semnalizare, efectuat chiar în condiţii grele şi cu cheltuieli suplimentare, este justificat de nivelul mai ridicat de siguranţă în care funcţionează echipamentele respective, de posibilitatea de a decela din timp punctele cu încălziri periculoase şi de a interveni, pentru înlocuirea legăturilor compromise, înainte ca aceste fenomene să provoace avarii care, evident, atrag pierderi economice cu mult mai mari.

Bibliografie

[1] * * * *Brevet R.S.R. nr. 67623/1977.*
[2] Curievici, I. ş.a. *Contract de cercetare nr. 238/1972*, între IRE Bacău şi Inst. politehnic Iaşi.
[3] Curievici, I. ş.a. *Contract de cercetare nr. 2682/1973*, între IRE Sibiu şi Inst. politehnic Iaşi.
[4] Ivăşcan, St ş.a. În: Electrotehnică, automatică şi electronică, 22, nr. 7—8, 1974, p. 240.
[5] Ivăşcan, St., Antonescu, I. şi Tofan, Al. În: Revista de chimie, 26, nr. 11, 1975, p. 943.
[6] Antonescu, I., Nicu, V., Tofan, Al. şi Ivăşcan, St. În: Bul. Inst. politehnic Iaşi, tom XXIV, fasc. 1—2, 1978, p. 57.
[7] Vezeanu, P. şi Pătraşcu, St. *Măsurarea temperaturii în tehnică*. Editura tehnică, Bucureşti, 1968.
[8] Gîdea, S. şi Protopopescu, M. *Aliaje neferoase*. Editura tehnică, Bucureşti, 1965.
[9] * * * STAS 1566-69.
[10] * * * STAS 6048/8-71.
[11] Vazaca, I. *Încălzire prin înaltă tensiune*. Editura tehnică, Bucureşti, 1962.

(Articol intrat în redacţie la 30 ianuarie 1980)

Criterii optimale privind procesul de tratament termic al sudurilor, avînd în vedere eficienţa energetică şi precizia controlului temperaturii

Ing. **Alex. Forje**, fiz. **V. Stratulat**, ing. **Iulia Forje**, ing. **I. Bogdan**, şef lucr. ing. **Fl. Andreescu**, şef lucr. ing. **R. Iovănaş**, şef lucr. ing. **V. Luca**, asist. ing. **C. Şerban**, asist. ing. **Manuela Chindea** şi chim. **B. Bednar***)

Lucrarea de faţă îşi propune prezentarea unui procedeu şi a unei instalaţii mobile de tratament termic cu rezistori şi comandă-program, realizată în R.S.R. (la ICEMENERG-Bucureşti) — Brevet R.S.R. nr. 57867 — capabilă să realizeze şi să urmărească automat ciclul de tratament termic programat, împreună cu perfecţionările aduse ulterior în colaborare cu cadre didactice de la Universitatea din Braşov.

Instalaţia este destinată în special pentru executarea tratamentelor termice ale sudurilor efectuate la conducte cu diametrul pînă la 600 mm şi se poate utiliza de asemenea la realizarea de tratamente termice la recipiente sau piese de dimensiuni mari în cazul în care se folosesc mai multe instalaţii de tratament.

Pentru realizarea tratamentelor termice, instalaţia alimentează sistemul de încălzire propriu-zis, acesta putînd fi constituit dintr-un cuptor cu rezistori, care se montează pe conducte, sau „covoare" de rezistori, care se montează pe zona de tratat termic.

Instalaţia se compune dintr-un transformator alimentat de la reţeaua de 380 V (tensiune alternativă trifazată) şi din dispozitivul electric automat pentru comandă, programare şi înregistrare a ciclului de tratament termic.

*) Ing. Alex. Forje, fiz. V. Stratulat, ing. Iulia Forje şi ing. I. Bogdan lucrează la ICEMENERG; ing. Fl. Andreescu, ing. R. Iovănaş, ing. V. Luca, ing. C. Şerban şi chim. B. Bednar sînt cadre didactice la Universitatea din Braşov; ing. Manuela Chindea este asistent la Institutul politehnic Bucureşti.

Schema-bloc a instalaţiei şi modul de funcţionare sînt prezentate în figura 1. Ansamblul instalaţiei este compus în principiu dintr-un modul de comandă, *1*, care comandă alimentarea de la reţea a transformatorului de putere *2*,

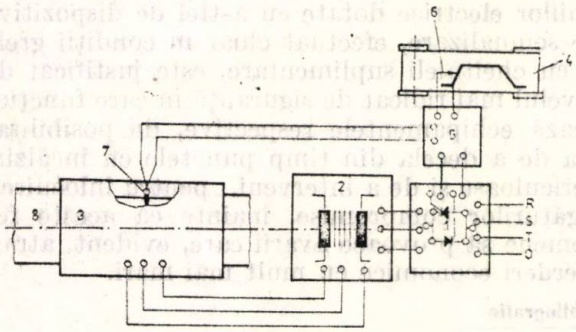


Fig. 1. Schema-bloc a instalaţiei:
1 — modul de comandă; *2* — transformator de putere; *3* — cuptor; *4* — bandă înregistratoare; *5* — programator electronic înregistrator; *6* — palpator; *7* — termocuplu; *8* — ţeavă.

prin sistemul tot sau nimic. Transformatorul are o putere de 60 kVA şi alimentează rezistorii de încălzire aflaţi în cuptorul *3* pe ţeava *8*, în patru trepte, la tensiunile de 27, 35, 47 şi 60 V, în funcţie de puterea şi tensiunea de lucru a lor. Ciclul de tratament termic (curba-program) este trasat cu grafit (creion negru cu mină moale) pe banda înregistratoare *4* a programatorului electronic înregistrator *5*, care comandă modulul *1*, în funcţie de curba-program (pe care o citeşte cu ajutorul unui palpator *6*) şi de temperatura piesei ce trebuie tratată termic (sesizată cu ajutorul unui termocuplu *7*), temperatură care este în acelaşi timp înregistrată pe banda înregistratoare.

Elementele componente ale instalaţiei sînt prezentate în figura 2.

Programatorul electronic înregistrator este destinat pentru comanda automată a instalaţiei şi asigură efectuarea în condiţii optime a unui ciclu complet de tratament termic, avînd la bază un program prestabilit ce asigură reglarea şi controlul în timp al variaţiilor de temperatură.

Aparatul lucrează în circuit închis, realizînd şi controlul execuţiei operaţiei. Programatorul mecanoelectric (Brevet R.S.R. nr. 52640) are trei elemente distincte: banda-program care conţine informaţia (curba de tratament termic), releul electronic şi dispozitivul de explorare (palpatorul). Informaţia culeasă de dispozitivul de explorare de pe banda-program este transmisă releului electronic care comandă elementul executor (releul de alimentare a transformatorului). Executarea operaţiei este controlată de verificator (termocuplu + înregistrator). Verificatorul, fiind solidar cu dispozitivul de explorare, îi modifică acestuia din urmă poziţia pe suprafaţa benzii-program pe care este înscrisă curba-program şi cu care este comparată execuţia.

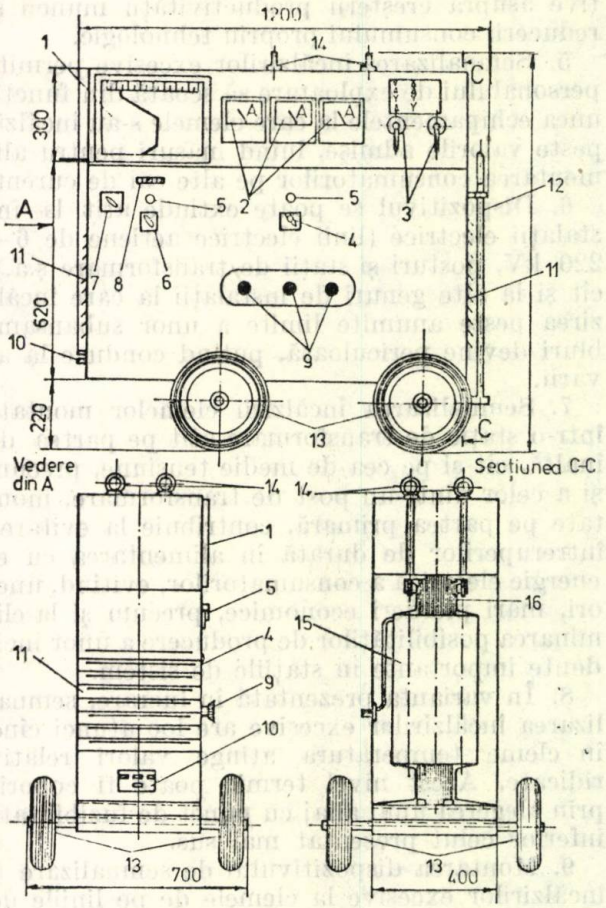


Fig. 2. Elementele componente ale instalaţiei:
1 — programator; *2* — ampermetru; *3* — comutator stea-triunghi; *4* — cheie automat-manual; *5* — becuri de semnalizare; *6* — cheie pornire instalaţie; *7* — cheie pornire ventilator; *8* — borne termocuplu: *9* — borne alimentare rezistori; *10* — borne alimentare de la reţea; *11* — fante pentru ventilaţie; *12* — mîner; *13* — roţi; *14* — inel de ridicare; *15* — bobinaj transformator; *16* — tole transformator.

Dacă în urma execuţiei există o abatere (dispozitivul de explorare părăsind curba-program), releul electronic primeşte această nouă informaţie şi acţionează asupra elementului executor, în sensul anulării abaterii.

Banda-program este o bandă obişnuită de hîrtie (cu care sînt dotate înregistratoarele) pe care se trasează cu grafit (creion negru cu mină moale) curba funcţională-program, acoperindu-se cu o peliculă de grafit, cu o rezistenţă electrică determinată, suprafaţa situată în interiorul curbei.

Descrierea programatorului

Pe un înregistrator electronic compensator automat (de exemplu de tip FEA sau de altă fabricaţie) se fac o serie de modificări şi completări.

De la sistemul explorator indicator *1* al înregistratorului, izolat electric de carcasa aparatului, s-a scos o legătură în afara sistemului mobil. De asemenea se introduce în schema electronică a înregistratorului un releu de timp (RT), care are rolul de a acţiona un releu electromagnetic, R_e). Completarea schemei electronice

a înregistratorului apare în figura 3 (spaţiul încadrat cu o linie mai groasă).

Pe diagrama *D* a înregistratorului (bandă-program) se trasează cu grafit curba de tratament termic. Zona grafitată reprezintă o punte

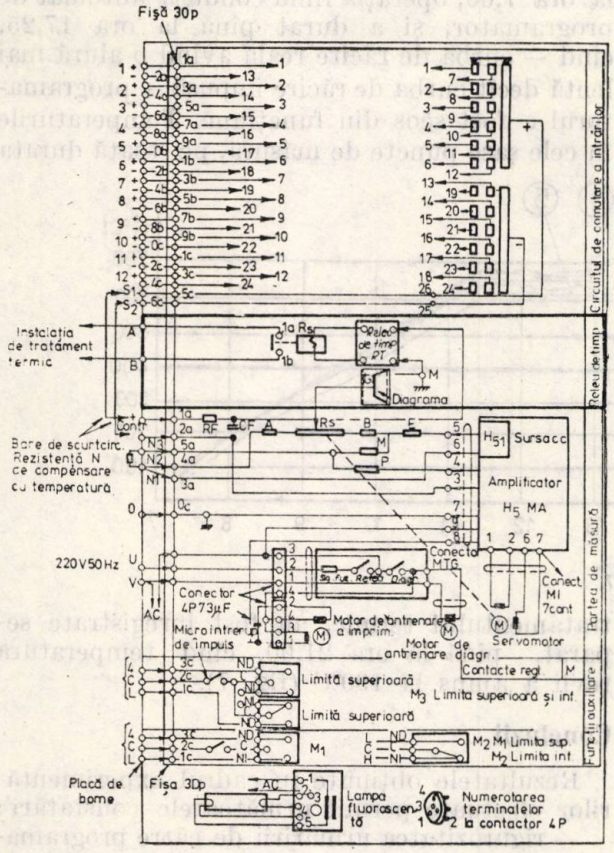


Fig. 3

de legătură între indicatorul *1* şi rama de ghidaj a diagramei, prin care se face legătura la masă. Curba grafitată, trasată pe hîrtie, devine astfel o porţiune de circuit imprimat (de rezistenţă R_G), care se închide la masă prin elementele metalice ale înregistratorului. Sistemul indicator *1*, curba grafitată *B* — sania de ghidaj (masă *H*) formează un sistem echivalent cu un întreruptor cu o rezistenţă în serie, R_G, care va acţiona releul de timp electronic *RT* şi, prin intermediul acestuia, releul electromagnetic R_s, care comandă conectarea sau deconectarea întregii instalaţii de tratament termic.

Schema de principiu a releului de timp tranzistorizat, aşa cum apare în figura 4, are un tranzistor BC 107, pe a cărui bază se aplică, prin intermediul unei rezistenţe de 200 K, semnalul cules de palpator. Acest semnal este amplificat şi de cel de-al doilea tranzistor BC 107, pînă la valoarea necesară excitării unui releu REL 202, cu ajutorul căruia se comandă releul de putere R_s al instalaţiei de tratament termic, sau al oricărei alte instalaţii. Pentru evitarea anclanşării releului datorită unor impulsuri scurte, repetabile într-un interval de timp mic, s-a introdus, pe baza primului tranzistor, o capacitate de 0,1 µF, care asigură o menţinere a releului în poziţie cuplată timp de 5 secunde de la primirea ultimului impuls.

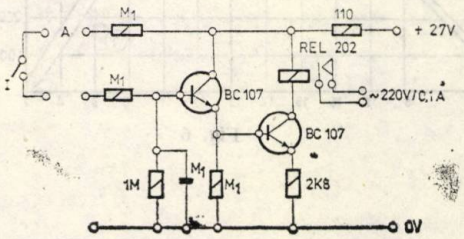


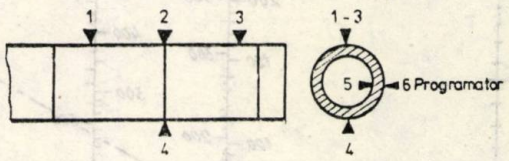
Fig. 4

Rezultate experimentale

Pentru determinarea performanţelor executării tratamentelor termice cu ajutorul instalaţiei de tratamente termice şi al programatorului, s-au executat o serie de tratamente termice, pe ţeavă Ø 165 × 25 mm încălzitor (cuptor) mic şi pe ţeavă Ø 325 × 36 cm încălzitor mare. Se prezintă rezultatele obţinute (caracteristici de execuţie, repartiţia gradientului de temperatură în lungul şi interiorul ţevii, în zona tratată termic) pe o ţeavă Ø 325 × × 36, în care s-au montat termocuple în şase puncte de măsură, dispuse conform soluţiei din figura 5.

Temperatura măsurată în punctul de măsură *6* a servit pentru comanda execuţiei tratamentului termic cu ajutorul programatorului, conform curbei-program.

Temperaturile în punctele de măsură *1—6* au fost înregistrate pe un al doilea înregistrator, montat separat de înregistratorul programator.



Temperaturi programator	Pct.1	Pct.2	Pct.3	Pct.4	Pct.5	Pct.6
100°C	100°C	100°C	100°C	100°C	70°C	100°C ± 5
200°C	195°C	200°C	195°C	200°C	150°C	200°C ± 5
300°C	290°C	300°C	290°C	300°C	250°C	300°C ± 5
400°C	390°C	400°C	390°C	400°C	335°C	400°C ± 5
500°C	485°C	500°C	485°C	500°C	425°C	500°C ± 5
600°C	575°C	595°C	580°C	600°C	520°C	600°C ± 5
670°C	640°C	670°C	660°C	665°C	620°C	670°C ± 5

Fig. 5.

Pe diagrama programatorului s-a trasat, cu creion negru (grafit), curba de tratament termic impusă (fig. 6 — curba *1*).

Pe aceeaşi diagramă, simultan cu „citirea" curbei-program şi comanda instalaţiei de tratament termic, programatorul înregistrator a

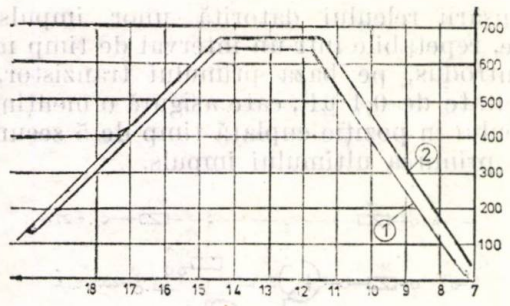


Fig. 6

făcut şi înregistrarea temperaturii reale a ţevii în timpul execuţiei tratamentului termic, măsurată în punctul de măsură *6* (linia *2* din figura 6).

Tratamentul termic experimental a început la ora 7,00, operaţia fiind condusă automat de programator, şi a durat pînă la ora 17,25, cînd — curba de răcire reală avînd o alură mai lentă decît curba de răcire impusă — programatorul a fost scos din funcţiune. Temperaturile în cele şase puncte de măsură, pe toată durata

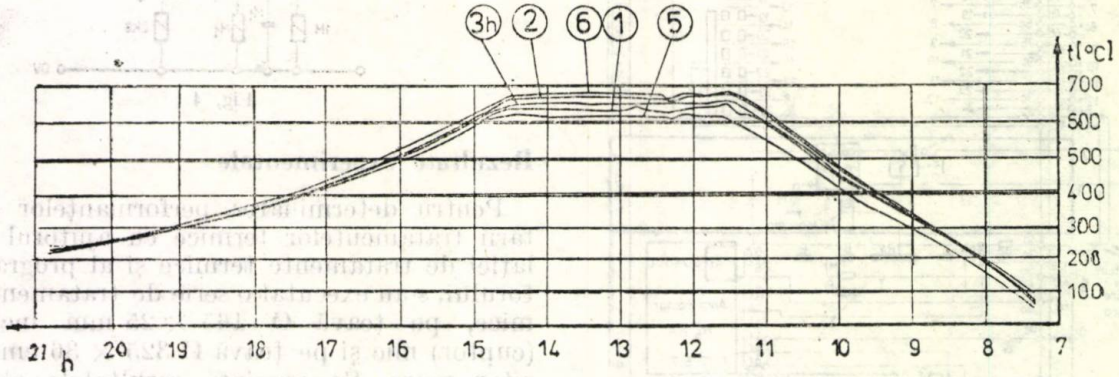


Fig. 7.

tratamentului termic, au fost înregistrate separat, pînă la ora 21,00, cînd temperatura ţevii a ajuns la 190°C (fig. 7).

Concluzii

Rezultatele obţinute în cadrul experimentărilor efectuate permit următoarele constatări:

— rigurozitatea urmăririi de către programator a curbei-program, în limite de variaţie de circa 5°C;

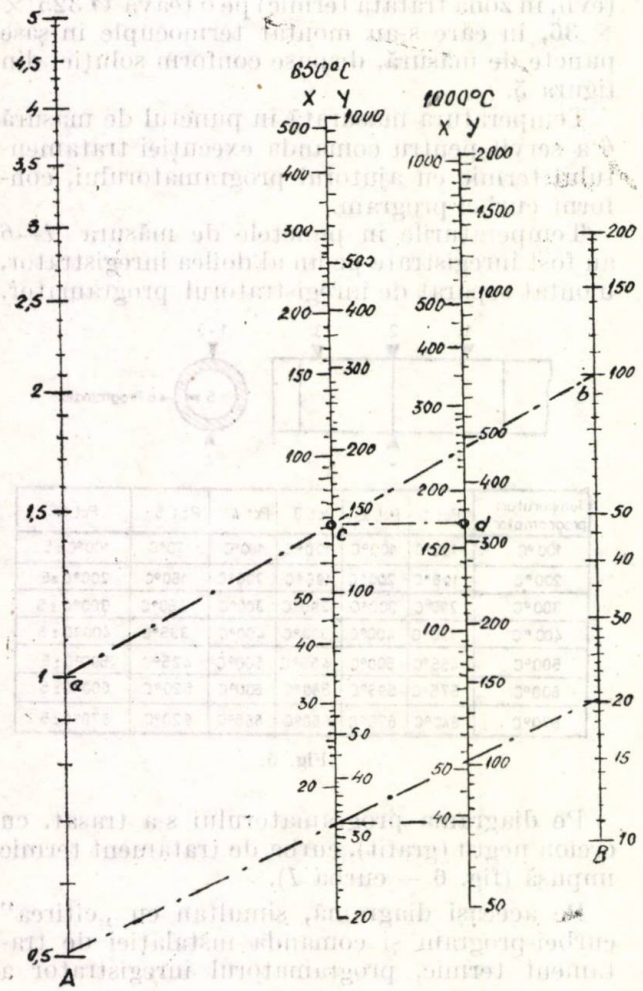
— fiabilitatea funcţionării corecte a programatorului şi instalaţiei de tratament termic;

— economie de energie electrică realizată pentru efectuarea tratamentului termic;

— condiţii optime de realizare a unui tratament termic riguros;

— simplitate şi uşurinţă în adoptarea oricărui potenţiometru înregistrator pentru completarea sa cu programator;

— simplitate şi uşurinţă în trasarea curbei-program pe diagrama aparatului, pentru realizarea automată a operaţiei de tratament termic.



← Fig. 8. Nomogramă pentru determinarea aproximativă a puterii necesare la medie frecvenţă

A — diametrul exterior al conductei, coloanei; *B* — grosimea peretelui conductei, coloanei etc.: *x* — izolaţie termică interior-exterior; *y* — izolaţie termică numai la exterior.

ANEXĂ (fig. 8)

Exemple

O conductă cu $d_{ext} = 1$ m — punctul *a* — şi grosime peste 100 mm — punctul *b*; unind *a* cu *b*, se obţine:

— pentru 650 °C, izolaţie interior-exterior, este necesară, aprox. la MF, o putere de 72 kW (*c*); izolaţie numai exterior, o putere la MF de 140 kW (*c*);

— pentru 1000°C, izolație interior-exterior, este necesară o putere de 170 kW (*d*); izolație numai exterior, o putere de 330 kW (*d*).

Nomogramă din instrucțiuni ale ACEC (Ateliers de constructions électriques Charleroi. „Chauffage par induction — traitements thermiques", 261—45 a, Belgique, 1973.

La 650 °C

Prin rezistori: o conductă cu d_{ext}=500 mm, S =20 mm, necesar 16 kW. Prin medie frecvență — nomograma de mai sus dă necesar 32 kW.

Se evidențiază comparativ reducerea consumului la jumătate în cazul încălziriii cu rezistori față de încălzirea prin inducție la medie frecvență.

Bibliografie

[1] * * * *Brevet R.S.R. nr. 52640.*
[2] * * * *Brevet R.S.R. nr. 57867.*
[3] * * * *Brevet S.U.A. nr. 3141918.*
[4] * * * *Inovație M.E.E. nr. 378.*
[5] * * * *Înregistrator electronic compensator automat-manual de instrucțiuni* FEA.

(Articol intrat în redacție la 4 aprilie 1980)

Recenzii

D. COMȘA și L. PANTELIMON. **Electrotermie.** Editura didactică și pedagogică, București, 1979, 311 p.

În seria apariților de manuale universitare privind utilizarea energiei electrice, lucrarea cu titlul de mai sus, aparținînd prof. dr. ing. D. Comșa (Institutul politehnic Cluj-Napoca) și conf. dr. ing. L. Pantelimon (Institutul politehnic București), reprezintă o reușită monografie într-un domeniu în care literatura de specialitate din țara noastră are relativ puține lucrări.

Cartea tratează fenomenele transformării energiei electrice în căldură, folosite pe scară largă atît în industrie, cît și în uzul casnic.

Structurată pe 8 capitole, lucrarea conține o gamă largă de aplicații privind utilizarea energiei electrice în procesele termice din industria siderurgică și constructoare de mașini.

Astfel, capitolul 1, cu caracter introductiv, prezintă problemele componenței și clasificării instalațiilor electrotermice, precum și importanța tehnico-economică a acestora.

În cadrul capitolului 2 sînt prezentate problemele generale al instalațiilor electrotermice: indicatori energetici (bilanțul general al puterilor (și mărimi caracteristice, randamentul cuptoarelor electrice, puteri, factori de putere și consumuri specifice ale cuptoarelor electrice), caracteristicile de funcționare ale cuptoarelor electrice, transmiterea căldurii (conducția termică, convecția termică, radiația termică, transmisia complexă a căldurii), materiale de construcție (materiale refractare și termoizolante, calculul pereților cuptoarelor), măsurarea și reglajul automat al temperaturii (instalații de măsurare și reglaj automat al temperaturii, termometre cu rezistoare, cu termistoare sau cu termocupluri, pirometre), protecția muncii în instalațiile electrotermice și elaborarea documentațiilor tehnico-economice ale instalațiilor electrotermice (nota de comandă, proiectul de execuție, documentația economică a proiectului de execuție).

Capitolul 3 al lucrării se referă la instalațiile de încălzire cu rezistoare. În prima parte a acestui capitol sînt analizate cuptoarele cu rezistoare cu încălzire directă de uz curent: încălzirea directă a semifabricatelor, cuptoare pentru grafitare și pentru producerea carborundului, încălzirea directă a apei și cuptoare pentru topirea sticlei.

În continuare sînt prezentate și analizate cuptoarele cu rezistoare cu încălzire indirectă: clasificare și domenii de utilizare, tipuri de cuptoare și elemente constructive, proiectarea cuptoarelor cu rezistoare pentru tratamente termice, calculul termic al cuptoarelor cu funcționare intermitentă, calculul termic al cuptoarelor cu funcționare continuă, alegerea rezistoarelor și calculul electric al cuptoarelor, echipamentul electric al cuptoarelor cu rezistoare. Ultimul subcapitol al capitolului 3 abordează problema cuptoarelor cu radiații infraroșii, în cadrul căreia sînt prezentate următoarele aspecte: încălzirea cu radiații infraroșii, surse de radiații infraroșii, construcția cuptoarelor cu radiații infraroșii și calculul acestora.

În cadrul capitolului 4 se face o amplă și documentată prezentare a problematicii cuptoarelor electrice cu arc. După o parte introductivă, în care se prezintă clasificarea cuptoarelor electrice cu arc și fenomenele legate de arcul electric (caracteristicile tensiune-curent și stabilirea arcului electric), se trece la analiza tipurilor de cuptoare cu arc: cuptoare cu arc pentru elaborarea oțelurilor, indicatori energetici și caracteristici de funcționare, proiectarea cuptoarelor cu arc electric, cuptoare cu arc electric în vid, cuptoare pentru reducere cu arc electric și rezistență, cuptoare pentru topire sub strat de flux.

Capitolul 5 este rezervat unei scurte prezentări informative asupra cuptoarelor cu plasmă.

Capitolul 6 se referă amplu la instalațiile de încălzire prin inducție. După o scurtă introducere referitoare la clasificarea și domeniile de utilizare a instalațiilor de încălzire prin inducție, se trece la prezentarea teoriei încălzirii prin inducție: curenți turbionari în conductoare masive, adîncimea de pătrundere a curenților turbionari, funcțiile K_R și K_X, transmiterea energiei electromagnetice între inductor și piesă (șarjă), puterea activă indusă în piesă, randamentul și factorul de putere al cuptorului de inducție.

În condinuare, în cadrul aceluiași capitol sînt prezentate echipamentele electrice ale cuptoarelor de inducție: cicloconvertoare de joasă frecvență cu tiristoare, surse de frecvență industrială, multiplicatoare feromagnetice de frecvență, generatoare rotative de medie frecvență, convertoare de medie frecvență cu tiristoare, generatoare ionice de medie frecvență, generatoare electronice de înaltă frecvență, condensatoare, rețeaua scurtă și ecrane magnetice.

Un subcapitol separat (6.4). este rezervat cuptoarelor de inducție cu creuzet pentru topire. În cadrul acestui subcapitol, după prezentarea clasificării cuptoarelor de inducție cu creuzet și a domeniilor de utilizare a acestora, se analizează următoarea problematică: construcția și funcționarea cuptoarelor cu creuzet, forțe electrodinamice în baia de metal topit, proiectarea cuptoarelor cu creuzet și echipmentul electric al acestora și, în final, răcirea cu apă a inductorului.

În următorul subcapitol al capitolului 6 sînt abordate aceleași probleme ca și în subcapitolul precedent, referitoare însă la cuptoarele de inducție cu canal pentru topire.

Subcapitolul 6.6. tratează instalațiile electrice de încălzire în profunzime: clasificarea și domeniile de utilizare a instalațiilor de încălzire, construcția inductoarelor și echipamentul electric, uniformitatea încălzirii, timpul de încălzire și frecvența tensiunii de alimen-

tare, variația mărimilor și parametrilor în decursul încălzirii, proiectarea instalațiilor de încălzire în profunzime.

În subcapitolul 6.7 este prezentată călirea superficială. Capitolul 6 al cărții se încheie cu aplicațiile speciale ale încălzirii prin inducție : topirea metalelor fără creuzet, agitarea inductivă a metalelor topite, transportul electromagnetic al metalelor topite, încălzirea recipientelor și conductelor, lipirea și sudarea prin inducție.

Penultimul capitol al cărții se ocupă de încălzirea capacitivă și cu microunde.

După prezentarea domeniilor de utilizare și a avantajelor acestor procedee de încălzire, se trece la detalierea lor : încălzirea capacitivă (puterea necesară încălzirii unui dielectric, frecvența tensiunii de alimentare, intensitatea cîmpului electric, utilizări industriale ale încălzirii capacitive) și încălzirea prin microunde (cuptoare cu microunde pentru diverse aplicații tehnice).

Capitolul 8 (ultimul al cărții) tratează cuptoarele cu fascicol de electroni care funcționează pe baza transformării în căldură a energiei fascicolului de electroni, focalizat, asupra metalului ce urmează a fi încălzit.

Trecerea în revistă a conținutului lucrării „Electrotermie" relevă faptul că aceasta reprezintă un valoros manual universitar care abordează toate aspectele legate de teoria, proiectarea și exploatarea instalațiilor electrotermice.

Ceea ce caracterizează esențial această lucrare este, credem, aspectul practic aplicativ al conținutului ei, cu referire la realizările din țara noastră în domeniul investigat și indicarea posibilităților de dezvoltare în perspectivă.

Sugerăm ca fiind utilă introducerea într-o eventuală nouă ediție a mai multor exemple concrete de calcul, cu date extrase din domeniul practicii industriale, ceea ce ar conferi lucrării o și mai mare utilitate, nu numai pentru studenții din facultățile de profil, ci și pentru specialiștii din producție, cercetare și proiectare.

Ing. **Romulus Sfichi**

Revista „ENERGETICA" — organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sectorul 3. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R. — Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/7914/1979

I. P. I. c. 2364

41 401

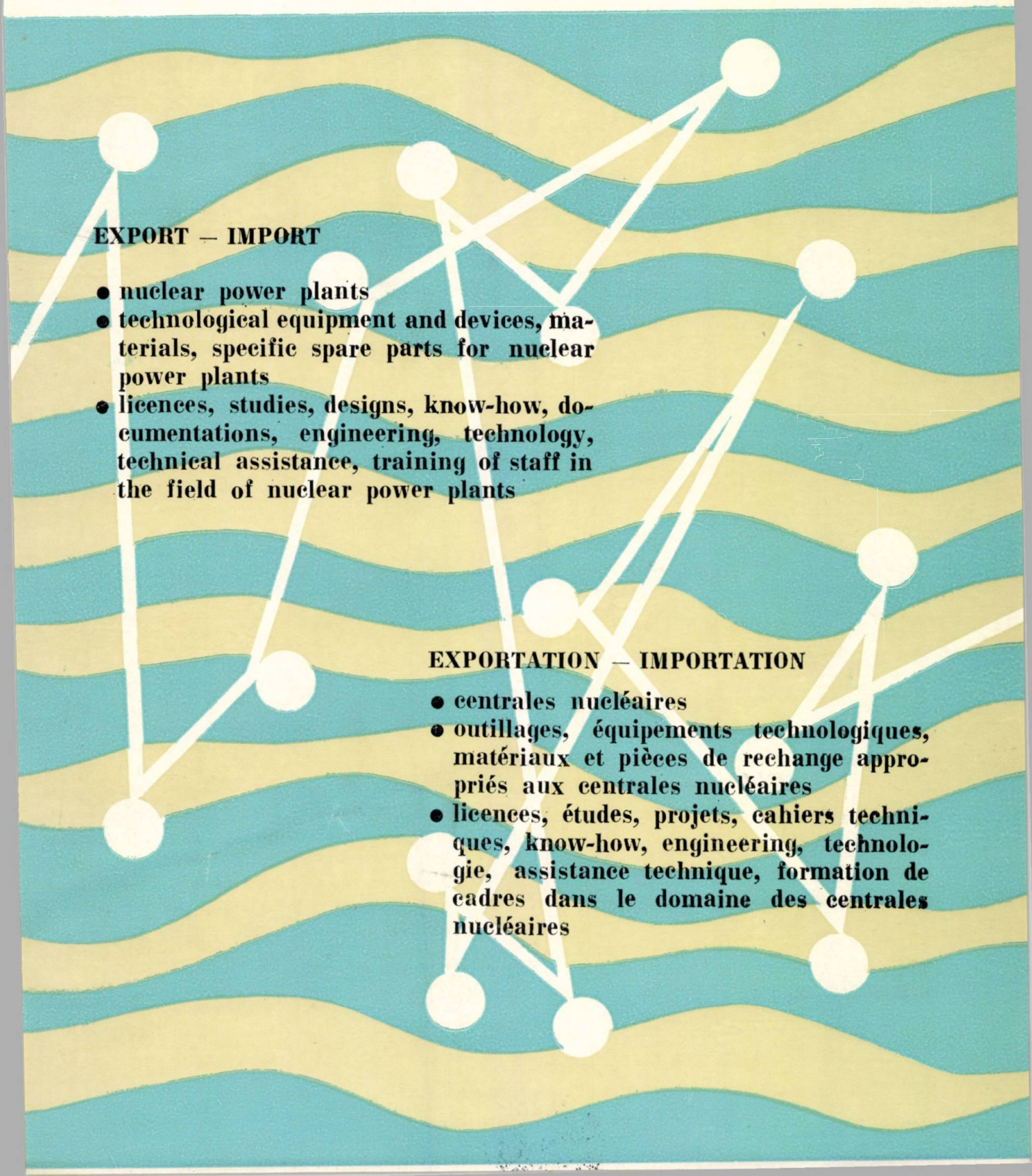
ROMENERGO

FOREIGN TRADE COMPANY

ROMÂNIA - BUCHAREST
Calea Victoriei 194 - Sector 1
CABLES:
ROMENERGO BUCUREŞTI
P.O. BOX: 22 - 153
TELEX: 011525 romeng r
POSTAL CODE: 71 101

PHONE: 50 66 82

IMPORT-EXPORT IN THE NUCLEAR FIELD



EXPORT – IMPORT

- nuclear power plants
- technological equipment and devices, materials, specific spare parts for nuclear power plants
- licences, studies, designs, know-how, documentations, engineering, technology, technical assistance, training of staff in the field of nuclear power plants

EXPORTATION – IMPORTATION

- centrales nucléaires
- outillages, équipements technologiques, matériaux et pièces de rechange appropriés aux centrales nucléaires
- licences, études, projets, cahiers techniques, know-how, engineering, technologie, assistance technique, formation de cadres dans le domaine des centrales nucléaires

1980 NOV 3 1

E 2039

REFERÁLVA

MW

8

energetica

VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
AUGUST — 1980

ISPH

Institut d'études et projets hydro-énergétiques
29, Bd. Republicii, Bucarest Roumanie ; tél: 14 72 70 ; télex 11—443 i.s.p.h.r

Schémas et projets pour l'aménagement des bassins versants

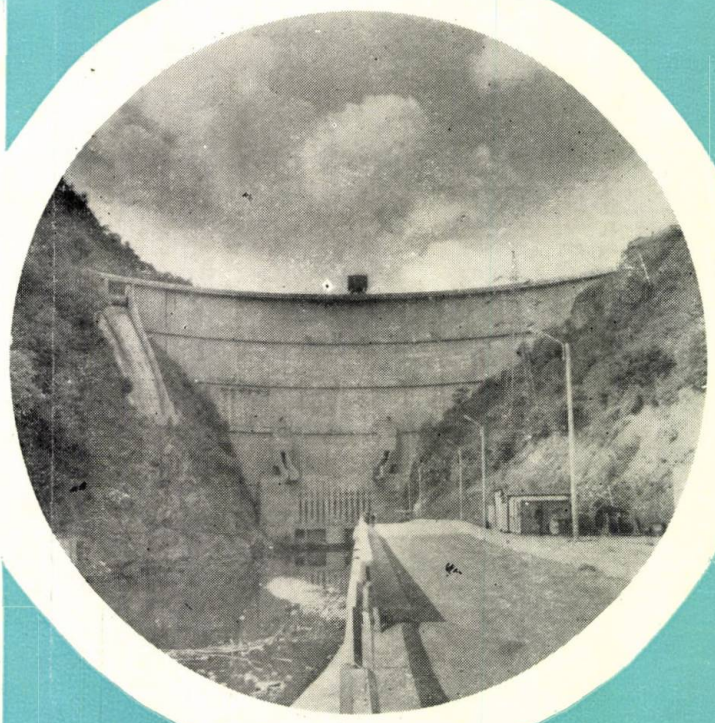
- aménagements hydro-électriques
- aménagements hydrauliques à buts multiples
- constructions hydrauliques spéciales

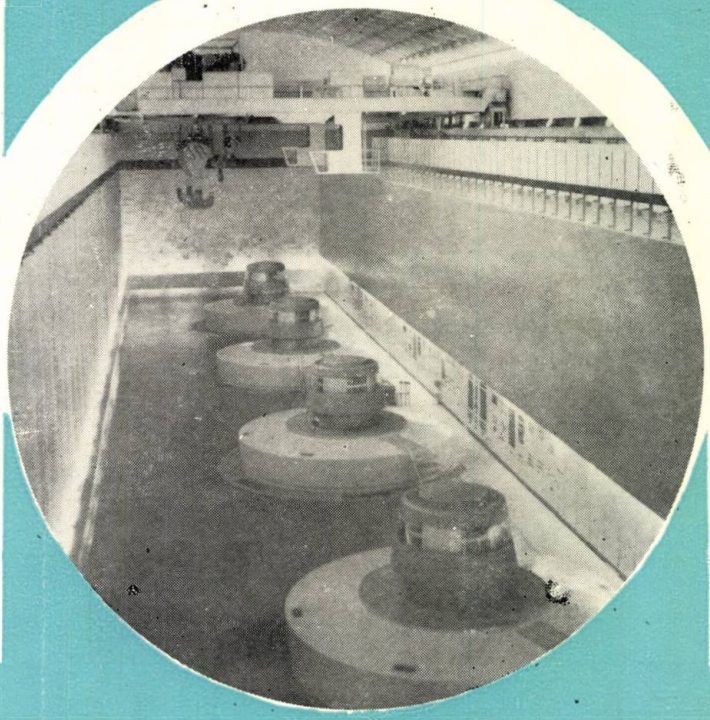
Activités spécialisées

- études hydrologiques et hydrogéologiques
- géologie d'engineering
- exploration géotechniques, géophysiques et mécaniques des sols et des roches
- travaux topographiques

Services spécialisées

- études préliminaires
- avant-projets
- détails d'exécution
- documentations pour appels d'offres et marchés de travaux
- inspections et supervisions
- expertises





ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 8 august

Cuprinsul

		Pag.
C. Mihăileanu, M. Duma şi *S. Felea*	**Probleme de cercetare ştiinţifică ridicate de conceperea şi realizarea sistemelor informatice în energetică**	309—311
St. Nibeleanu, P. Popescu şi *A. Proca*	**Experimentarea pe modele a evoluţiei fenomenului de autoaprindere a cărbunilor depozitaţi în buncăre şi a eficienţei de stingere a unor substanţe fabricate în ţară**	311—315
A. Bolma	**Folosirea HCl rezultat din sintezele organice la regenerarea cationiţilor din staţiile de tratare a apei din CTE ale M.E.E.**	316—318
D. Mihăilescu şi *I. Renţea*	**Aspecte privind posibilitatea funcţionării insulare a platformei energetice Rm. Vîlcea**	318—327
I. Iordănescu	**Compensarea factorului de putere şi atenuarea regimului deformant, acţiuni interdependente în sistemele energetice moderne**	327—331
A. Bratu şi *R. Enache*	**Aspecte privind regimurile tranzitorii care se produc la comutarea bateriilor de condensatoare**	332—337
D. Cristescu, M. Ungureanu şi *P. Postolache*	**Comportarea jugurilor lanţurilor de izolatoare la descărcarea corona**	337—345
C. Moldoveanu şi *V. Măniţiu*	**Aprecierea din punct de vedere termic a calităţii transformatoarelor de distribuţie în ulei**	345—349
C. Munteanu	**Aspecte privind asigurarea protecţiei personalului care execută lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice din R.S.R.**	349—354
CRONICĂ	**Concluziile Conferinţei cu tema „Economisirea şi gospodărirea raţională a energiei electrice şi termice“,** Piatra Neamţ—Săvineşti, 16—18 aprilie 1980	355—358
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului ştiinţific al
Institutului central de cercetări energetice

Probleme de cercetare științifică ridicate de conceperea și realizarea sistemelor informatice în energetică*)

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**
Dr. ing. **Mario Duma**
Ing. **Sanda Felea****)

Complexitatea structurii și a funcționării sistemului energetic național, conexiunea sa strînsă cu procesele consumatoare de energie, viteza cu care se desfășoară procesele electrice impun exigențe deosebite în domeniul conducerii cu ajutorul informaticii. De aceea conceperea și realizarea sistemelor informatice în energetică ridică probleme de cercetare științifică în multiple direcții.

*

Experiența activității desfășurate ne permite să afirmăm că elaborarea sistemelor informatice specifice începe cu o cercetare multidisciplinară ce reunește organic informatica, tehnologia energetică și, adesea, economia ramurii. Acest lucru devine tot mai pregnant, pe măsură ce sistemele informatice nu se limitează numai la un rol pasiv, de „trecere pe calculator" a unor proceduri manuale de rutină, preexistente, ci contribuie în mod activ la restructurarea mai rațională a conducerii, la optimizarea deciziilor tehnice și economice, la creșterea eficienței, calității și operativității conducerii. Într-adevăr, sistemele menite să intervină activ în procesul de conducere sau să constituie suport pentru creșterea calității conducerii necesită, de regulă, cercetări aprofundate privind fenomenele și legitățile tehnice și economice, parametrii cantitativi și calitativi ai proceselor conduse, criteriile, rezervele și metodele de optimizare ș. a. Nu o dată cercetarea tehnologică aferentă elaborării sistemelor informatice prezintă un caracter experimental în domeniul tehnic-energetic, realizîndu-se cu ajutorul unor măsurători în laborator sau în instalații, prelucrări de date experimentale etc.

De exemplu, cercetarea efectuată pentru analiza previzională a calității transferului informației (precizie, rapiditate) în sistemul teleinformatic al Dispecerului energetic național, destinat perfecționării conducerii operative a sistemului energetic, a pus în evidență fenomenul, necunoscut anterior, de generare a unor erori prin acțiunea combinată a întîrzierilor de transfer al informației în sistemul teleinformatic, cu variațiile mărimilor energetice primare, telemăsurate din sistemul energetic.

Determinarea cantitativă a acestui nou tip de erori, cu pondere esențială în erorile de ansamblu, a condus la efectuarea unei ample cercetări experimentale și teoretice privind statistica fluctuațiilor mărimilor din sistemul energetic, diferențiat pe tipuri de mărimi electrice, pe zone ale sistemului energetic, în diferite regimuri de funcționare a acestuia etc. De asemenea, a fost necesară și o cercetare experimentală privind traductoarele primare utilizate, pentru determinarea distinctă a caracteristicilor erorilor lor sistematice și întîmplătoare, sub forma cerută de modelele matematice de compunere a erorilor pe ansamblu.

Tot astfel, elaborarea diferitelor programe de calcul pentru optimizarea repartiției sarcinii pe centralele sistemului energetic, pentru încărcarea optimă a centralelor hidroelectrice, pentru prognoza debitelor de apă ș. a. a presupus cercetări energetice aprofundate privind funcționarea instalațiilor energetice, statistica aporturilor de apă etc. Recenta elaborare și implementare a sistemului informatic pentru analiza și urmărirea funcționării economice a centralelor electrice a necesitat elucidarea unor procese termoenergetice, pînă acum insuficient cunoscute cantitativ, care au loc în anumite tipuri de turbine cu abur pentru termoficare, precizarea unor caracteristici de funcționare a agregatelor etc.

În cadrul elaborării sistemului informatic PRESENERG, pentru informare-documentare automată asupra prescripțiilor și standardelor din domeniul energiei, tezaurul de termeni energetici a comportat analize de profil tehnologic energetic pentru stabilirea conexiunilor de subordonare între termeni, pentru rezolvarea omonimiilor și sinonimiilor în întreaga diversitate a specialităților tehnice din energetică, precum și pentru stabilirea criteriilor și a adîncimii de indexare a documentelor stocate.

Elaborarea sistemelor informatice din ramură a necesitat (și necesită în continuare) efectuarea unor lucrări cu caracter de cercetare a unor fenomene și procese economice (uneori și sociale), specifice ramurii. Astfel, pentru structurarea datelor tehnico-economice în bazele de date ale centralelor industriale, au fost stabilite relații de conexiune structurală și relații de calcul între diferiți indicatori utilizați în planificare și raportare. O preocupare actuală pentru elaborarea unui sistem informatic de conducere perfecționat o constituie stabilirea soluțiilor pentru reflectarea conformă atît a tehnologiei ramurii, cît și a obiectivelor specifice puse în fața acesteia, în mecanismul economico-finan-

---

*) Comunicare prezentată la sesiunea de comunicări științifice ICI „Informatica în cincinalul revoluției științifice și tehnice", decembrie 1979.

**) Dr. ing. Călin Mihăileanu este director general al Institutului central de cercetări energetice; dr. ing. Mario Duma este șeful Laboratorului de informatică și conducere din ICEMENERG; ing. Sanda Felea este cercetător științific principal și șef de colectiv în același laborator.

ciar, în sistemul de indicatori economici, în metodologia de planificare și raportare. Creșterea contribuției sistemelor informatice la activitatea decizională se bazează pe elaborarea unor modele matematice sistemice, incluzînd conexiunile între funcționalitatea tehnică și economia ramurii. În mod deosebit, problemele de actualitate ale situației energiei obligă la aprofundări privind modelarea conexiunilor energie-economie, din care să rezulte, între altele, și noi criterii specifice de eficiență economică a instalațiilor și activităților energetice, mai buna corelare a obiectivelor și criteriilor privind economia de combustibil și energie cu cele referitoare la economia de investiții, siguranța în funcționare a sistemului energetic și continuitatea alimentării consumatorilor, protejarea mediului înconjurător.

De altfel, modelarea, fie a laturilor tehnice ale proceselor, fie a celor economice, constituie în primul rînd o elucidare de conexiuni, de legități etc., deci o cercetare cu caracter cognitiv a proceselor modelate.

O altă sferă, cu largi implicații, o constituie cercetarea influenței informaticii asupra tehnologiei, organizării și economiei ramurii, cercetarea perfecționărilor și a restructurărilor optime în condițiile în care se extinde și se intensifică utilizarea informaticii în energetică, integrarea instrumentelor informatice în diversele lor etape de perfecționare, în activitatea practică de conducere din ramură.

*

Conceperea și realizarea sistemelor informatice elaborate și aflate în curs de elaborare în cadrul ramurii prezintă, în opinia autorilor, și trăsături caracteristice unor activități de cercetare științifică aplicativă și dezvoltare tehnologică în însuși profilul de informatică, similar cu cercetarea și dezvoltarea pentru elaborarea de produse, instalații și sisteme tehnologice noi. În fond, este vorba despre lucrări cu caracter de noutate atît sub raportul obiectivelor urmărite, al funcționalității de utilizare, cît și sub raportul soluțiilor tehnice concrete privind deopotrivă modelele, programele, sistemele informatice în ansamblu. Într-adevăr, amploarea, complexitatea, tehnicitatea și caracterul sistemic al ramurii energetice au impus ca în energetică să aibă loc unele prime abordări pe plan național ale anumitor tipuri de soluții informatice, căutări și realizări ale unor soluții noi. Se pot cita : sistemul de calculatoare de proces interconectate, aferent Dispecerului energetic național, analiza calității acestuia cu metoda simulării statistice, utilizarea sistemului MISTRAL (din 1973), gestionarea indicatorilor tehnico-economici de planificare și raportare la nivelul centralelor industriale cu ajutorul SGBD SOCRATE ș. a.

Totodată, aceste lucrări au un caracter pregnant experimental. Ceea ce pare definitoriu pentru specificul de cercetare este faptul că elaborarea se efectuează printr-o continuă interacțiune între concepție și experimentare (și nu printr-o proiectare, „la planșetă", a soluției finite), interacțiune materializată prin iterații ale perfecționării și dezvoltării soluțiilor tehnice. Iterativitatea și caracterul experimental se referă nu numai la programele ce se testează pe calculator, ci și la concepția sistemică, la conexiunile între subsisteme, la modele, la funcționalitatea concretă, la comportarea sistemelor în utilizare și chiar la caracterul dinamic, evolutiv, al obiectivelor urmărite și al cerințelor impuse. În mod deosebit se cere să fie subliniat faptul că introducerea în exploatare a constituit, de fapt, de fiecare dată, o experimentare în exploatare, susceptibilă de a genera completări și corecții, atît privind aspecte neprevăzute în soluția tehnică însăși, cît și privind funcționalitatea în interacțiunea sistem informatic — proces condus. Nu rareori această etapă a condus la redefiniri de condiții tehnice și chiar de obiective, acumularea de experiență referindu-se atît la executanții sistemelor informatice, cît și la beneficiarii acestora. Practic, toate sistemele și aplicațiile informatice importante care au ajuns în utilizare efectivă au trecut prin versiuni sau secțiuni succesive — cel puțin două versiuni, care nu o dată au reprezentat, de fapt, soluții calitativ diferite.

După cum a arătat practica, în cazul lucrărilor în care au fost utilizate sisteme de programe de firmă, ca, de exemplu, MISTRAL și SOCRATE, însușirea acestora s-a întrepătruns cu elucidări ale unor neclarități, depistări ale unor limitări sau dificultăți neexplicitate în documentația de firmă, completări cu noi facilități rezultate ca necesare în aplicațiile specifice.

Totodată viața demonstrează necesitatea unor algoritme și a unor produse-program specifice, cerute de rezolvarea unor probleme concrete (chiar dacă sfera de utilizare este susceptibilă de generalizări ulterioare). De exemplu, stocarea și parcurgerea de caracteristici tehnice în spații multidimensionale, a căror necesitate a apărut pentru analiza și urmărirea funcționării economice a centralelor electrice; asigurarea unei rapidități și productivități ridicate la încărcarea de valori în bazele de date; stocarea de relații de calcul; calcule cu numere fracționare în context SOCRATE; gestiunea datelor ținînd seama de evoluția structurilor organizatorice etc.

Cercetările în care a fost utilizată metoda simulării statistice, bazate pe elaborarea unor modele și programe de simulare originale, adecvate sistemului studiat, definite ca atare prin caracterul experimental al metodei însăși, au fost confruntate și cu necesitatea conceperii unor strategii de planificare a experimentelor, a unor concepții privind validarea modelelor, a unor metode de reducere și de interpretare a rezultatelor experiențelor de simulare.

O problemă deosebită o constituie preocuparea pentru integrarea sistemelor și aplicațiilor informatice elaborate în cadrul ramurii, în concepția unitară pe plan național, promovată de ICI. De aici rezultă, în mod implicit, o contribuție la această concepție, prin particularitățile ramurii și prin experiența de implementare.

*

Considerentele arătate, experiența acumulată, specificul constituirii și dezvoltării activității de informatică în cadrul ramurii au condus și la unele implicații pe planul organizării activității de informatică în Institutul de cercetări și modernizări energetice, sub cel puțin trei aspecte :

— Desfășurarea activității de informatică atît în structura unităților de informatică, definite ca atare în Decretul nr. 499/1973, cît și în compartimente din structura de cercetare, organizate în conformitate cu Decretul nr. 297/1973, acestea din urmă atit ca un laborator specializat pentru cercetare aplicativă și dezvoltare în domeniul informaticii specifice ramurii, cît și pentru conducerea proceselor tehnologice și pentru aplicații științifice în numeroase alte laboratoare de cercetare. Urmărim ca, treptat, informatica să devină un instrument de utilizare curentă în întreaga activitate de cercetare științifică de profil energetic.

— Elaborarea și realizarea sistemelor și aplicațiilor informatice de mare complexitate, cu pondere importantă a componentei de cercetare aplicativă, într-o organizare internă integrată de cercetare-proiectare-implementare (soluție organizatorică susceptibilă de perfecționare în viitor prin crearea posibilităților de utilizare, în cadrul unor astfel de echipe și compartimente integrate, atît a funcțiilor de cercetare, cît și a celor de informatică).

— Preocuparea pentru informatică, organizată la nivelul Institutului central de cercetări energetice ca institut central de cercetare de ramură, dat fiind că informatica reprezintă o componentă esențială a progresului științific și tehnic al ramurii și datorită caracterului profund științific al activităților de informatică, urmărind integrarea cît mai deplină informatică-energetică-economie, pe de o parte, și unitatea și continuitatea ciclului cercetare-proiectare-realizare-utilizare, pe de altă parte.

Preocuparea cercetării pentru informatică urmărește să constituie, totodată, un sprijin pentru exercitarea atribuțiilor de coordonare în domeniul informaticii ce revin, conform reglementărilor în vigoare, Ministerului Energiei Electrice și Centrului de calcul electronic ISPE, coordonator pe ramură, beneficiind la rîndul său de sprijinul acestor organe.

Experimentarea pe modele a evoluției fenomenului de autoaprindere a cărbunilor depozitați în buncăre și a eficienței de stingere a unor substanțe fabricate în țară

Ing. St. **Nibeleanu**,
Ing. P. **Popescu**,
Ing. A. **Proca***)

Arderea este o reacție chimică ce se dezvoltă cu o viteză ridicată, cu degajare de căldură și lumină. Pentru ca să apară în cazul cărbunilor, în prealabil trebuie să se producă o autoîncălzire a acestora datorită oxidărilor cu oxigenul din aerul atmosferic.

Cărbunii fixează oxigenul din aer cu atît mai mult cu cît sînt mai bogați în oxigen constituțional și în materii volatile. Accelerarea acestui proces este favorizată de prezența compușilor de calciu, de sodiu și a umidității în anumite limite.

Conținutul critic de umezeală care influențează caracteristicile de încălzire ale cărbunelui în sensul accelerării sale este de 4 —6 %.

Conținutul minim de oxigen sub care fenomenul de oxidare încetează variază, după diferiți autori, între 13 și 16 %.

Între viteza de reacție prin oxidare, W, la temperatura T, (g/gs), puterea calorică a cărbunelui H (cal/g) și căldura specifică a cărbunelui (cal/g.°C), se poate scrie relația :

$$W \cdot H \mathrm{d}t = C \mathrm{d}T \qquad (1)$$

sau

$$W = \frac{C}{H} \cdot \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t} \ [\mathrm{g/gs}], \qquad (2)$$

în care $\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}t}$ dă panta de creștere a curbei care reprezintă variația temperaturii în funcție de timp.

Cantitatea de căldură produsă într-un interval de timp t_s rezultă din integrarea relației (1) :

$$Q = \int_0^{ts} WH \mathrm{d}t \qquad (3)$$

*) Ing. Ștefan Nibeleanu lucrează la ICEMENERG; ing. Petre Popescu și ing. Amaliu Proca lucrează la Centrul de studii și experimentări al Comandamentului Pompierilor.

Cu cît cărbunele are o granulație mai fină, cu atît cantitatea de căldură necesară pentru a produce puncte de jar este mai mică și deci cărbunele se inflamează mai ușor.

Chiar dacă nu apar puncte de jar, un cărbune supus unei oxidări mai îndelungate se depreciază, constatîndu-se o schimbare a compoziției elementare și o micșorare a puterii calorice.

În prezent se impune ca la anumite intervale de timp buncărele de cărbuni să fie golite și curățate pentru a se elimina straturile aderente care pot genera puncte de jar. Se procedează la golirea buncărelor și atunci cînd alimentarea cazanului cu cărbune este oprită un timp mai îndelungat ca urmare a trecerii pe folosirea unui alt combustibil (gaze, păcură), în cazul reviziilor sau reparațiilor planificate, și ca atare se impune, normal, să se procedeze la fel și în situații de avarie.

Golirea buncărelor nu reprezintă o problemă în condițiile în care cazanul este în funcțiune. La opririle generate de avarii, cînd nu sînt prevăzute soluții constructive pentru evacuarea cărbunelui, situația se schimbă, devenind cu atît mai complexă cu cît volumul buncărului și deci cantitatea de cărbune ce trebuie manipulată este mai mare.

Față de implicațiile apariției unui incendiu, s-a considerat util a se cerceta pe modele evoluția fenomenului de autoaprindere a cărbunilor depozitați în buncăre și eficiența de stingere a unor substanțe fabricate în țară.

Cercetările au fost efectuate de ICEMENERG în colaborare cu Centrul de studii și experimentări al Comandamentului Pompierilor. S-au efectuat următoarele experimentări :

Experimentul nr. 1 — Studierea evoluției fenomenului de autoaprindere inițiată a cărbunelui brun depozitat în buncăr.

Experimentul nr. 2 — Eficiența de stingere a incendiilor dezvoltate în buncăre a substanțelor umectante tip DERO 73.

Experimentul nr. 3 — Eficiența de stingere a incendiilor dezvoltate în buncăre a unor substanțe fabricate în țară, cum sînt : pulberea Florex și clorura de var.

La experimentările menționate s-a utilizat sortul de cărbune de Țebea, lignit de Rovinari și cărbune sortat de Coroiești, caracterizate prin tendință de autoaprindere, putere calorică inferioară 1668—4706 kcal/kg, temperatură de mocnire 275 — 300°C, conținut de produse volatile 29,3 —33 %, interval termic de eliminare și ardere a volatilelor cu viteză maximă la 220 —500°C, conținut de cenușă la anhidru 24,7 —45,5%.

Dispozitivul experimental utilizat a constat dintr-un buncăr metalic modelat avînd un volum de 0,47 m^3, în care s-au fixat, la niveluri variabile, opt sonde de temperatură echipate cu termocuple nichel-crom-nichel (Ni —Cr —Ni).

Pentru urmărirea procesului de transmitere a căldurii de la masa cărbunelui autoaprins la pereții buncărului de depozitare, suplimentar s-au prevăzut patru puncte de măsură a temperaturii, amplasate pe fiecare latură. Au rezultat în total 12 puncte de măsură, care au fost înregistrate cu un aparat înregistrator tip FEA cu compensare de temperatură.

Șarjele de cărbune experimentate au fost în greutate de 430—450 kg din fiecare sort, ceea ce a asigurat o încărcare medie de (1,6 — 3,9). 10^6 kcal/m^3 volum.

Experimentul nr. 1

Pentru mărirea accelerată a evoluției fenomenului de autoaprindere a cărbunilor depozitați, s-a utilizat procedeul de aprindere inițiată.

Sursa de inițiere utilizată, care a constat din 15 kg lemne sub formă arzînd (jar) și 5 l păcură, s-a amplasat în zona mediană și inferioară a buncărului, ceea ce a asigurat, în fiecare dintre aceste puncte, sarcini termice concentrate de 115 000 kcal. Experimental s-a verificat că sursele utilizate nu au reușit să amorseze în decurs de max. 24 ore o evoluție termică marcantă a aprinderii cărbunilor, ceea ce a impus repetarea operației.

În noile condiții, diagrama de temperaturi a intrat în regim evolutiv, creșterea temperaturilor indicînd valori de la 100 la 560°C în interval de 6—24 ore, în funcție de sortul de cărbune experimentat. Maximul termic astfel obținut a confirmat dezvoltarea unor procese termice de formare și ardere a substanțelor volatile, ceea ce a asigurat și combustionarea mocnită sub formă de cuiburi de foc a întregii mase de cărbune. Această evoluție a fenomenului de ardere progresivă în buncăr după pornirea unor concentrări termice potențiale s-a evidențiat prin regimul de temperaturi înregistrate în termocuplele amplasate în interior și care s-au situat la valori de 460—250°C. Termocuplele montate la perete nu au indicat o transmitere intensă a căldurii, temperaturile situîndu-se la valori ce nu au depășit un maxim de 110 °C.

Procesul de ardere a fost lăsat să evolueze liber.

În cazul cărbunelui de Țebea a durat 42 de zile și a condus la combustionarea totală pînă la cenușă a masei depozitate. Rezultă în acest fel, prin calcul, o viteză medie asimilată de consum a cărbunelui de 0,45 kg/h, respectiv 1435 kcal/h.

Arderea cărbunelui a fost însoțită de emanații puternice de gaze și fum și a condus la formarea a 178 kg cenușă, respectiv la un proces de transformare de 39,5 %.

Lignitul de Rovinari și cărbunele sortat de Coroiești au avut evoluții similare. În ambele cazuri, evoluția arderii a fost întreruptă prin operații de stingere efectuate la 10—15 zile de la amorsare.

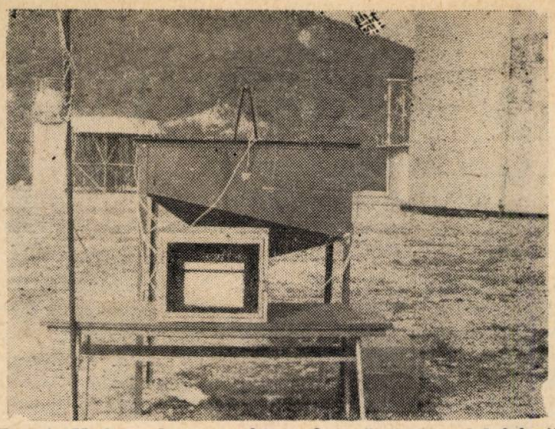


Fig. 1. Vedere de ansamblu a buncărului-model folosit la experimentări.

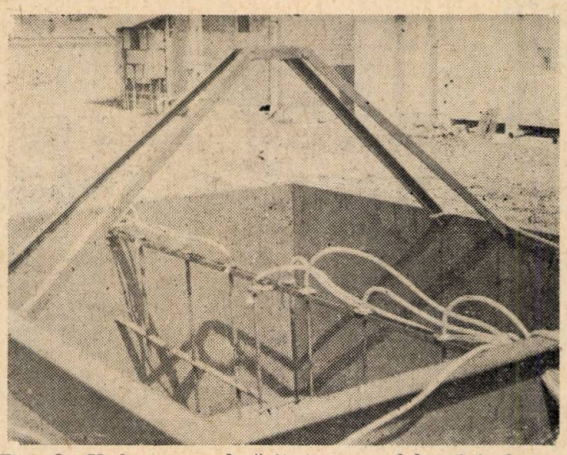


Fig. 2. Vederea amplasării termocuplelor interioare în buncăr.

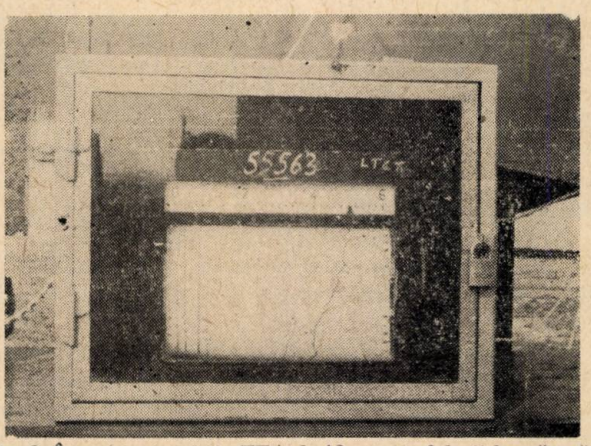


Fig. 3. Înregistratorul tip FEA de 12 puncte folosit la măsurători.

În figurile 1—7 se poate vedea buncărul-model, aparatura de măsură folosită și diagramele de variație a temperaturilor.

Experimentul nr. 2

S-a organizat în vederea aprecierii eficienței de stingere a soluțiilor de substanțe umectante tip DERO 73.

În acest scop, lignitul de Rovinari a fost lăsat să evolueze liber în proces de ardere mocnită timp de zece zile, ceea ce a combustio-

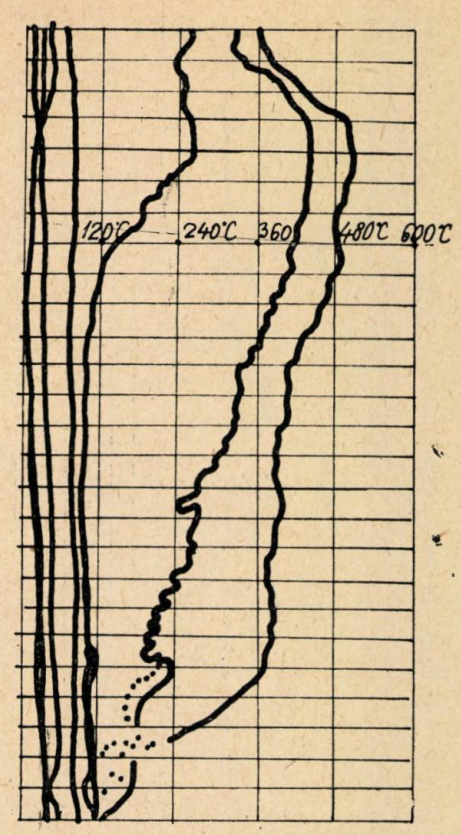


Fig. 4. Diagramă de temperatură. Amorsarea procesului de ardere mocnită a cărbunelui de Țebea cu jar și păcură.

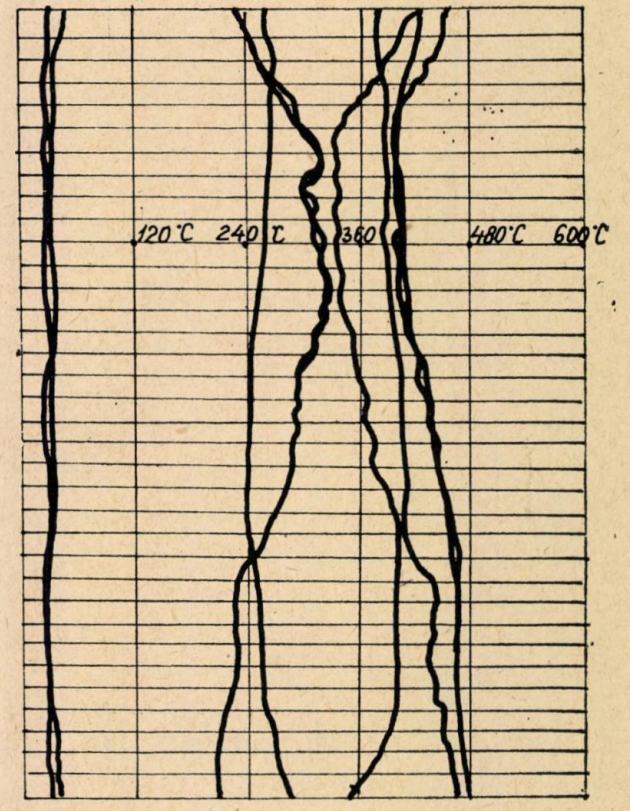


Fig. 5. Variația temperaturilor în procesul de dezvoltare a focarului de ardere mocnită a cărbunilor de Țebea.

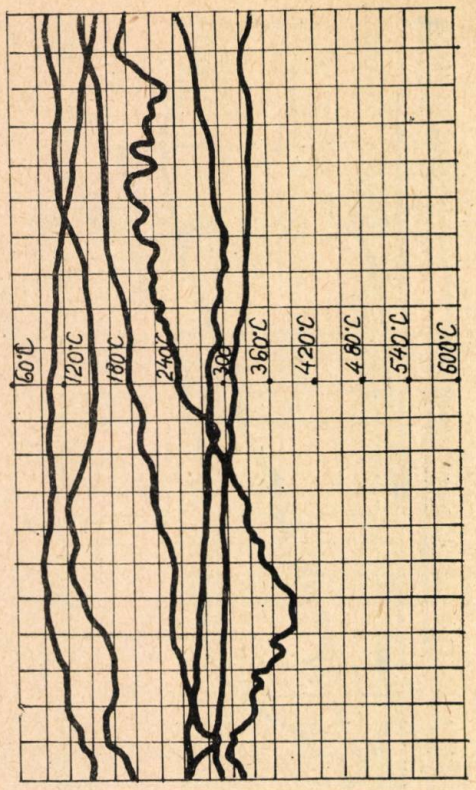


Fig. 6. Variația temperaturilor în procesul de dezvoltare a focarului de ardere mocnită a lignitului de Rovinari.

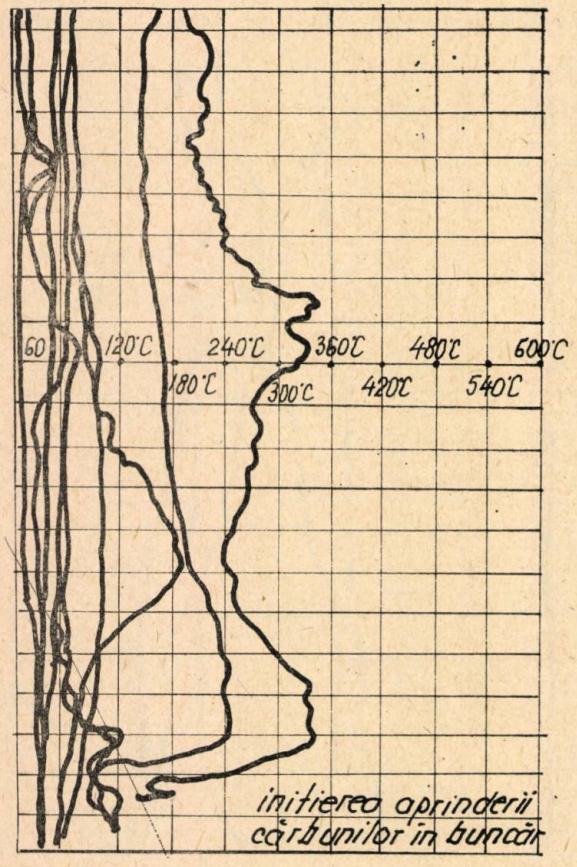


Fig. 7. Variația temperaturilor în procesul de dezvoltare a focarului de ardere mocnită a cărbunelui sortat de Coroiești.

nat circa 1/6 din masa cărbunelui ; ... un regim termic de 460 —100 °C.

Peste focarul astfel dezvoltat s-a pulverizat, cu utilaje din dotare, cantitatea de circa 200 l soluție 3% DERO 73 în apă. Aplicarea acestui volum de soluție s-a făcut în trei reprize succesive, însoțite de încetarea emisiei de fum și gaze, precum și de scăderea rapidă a temperaturilor pînă la 20 —25 °C, în întreg ansamblul de sonde de temperatură (fig. 8). În aceste con-

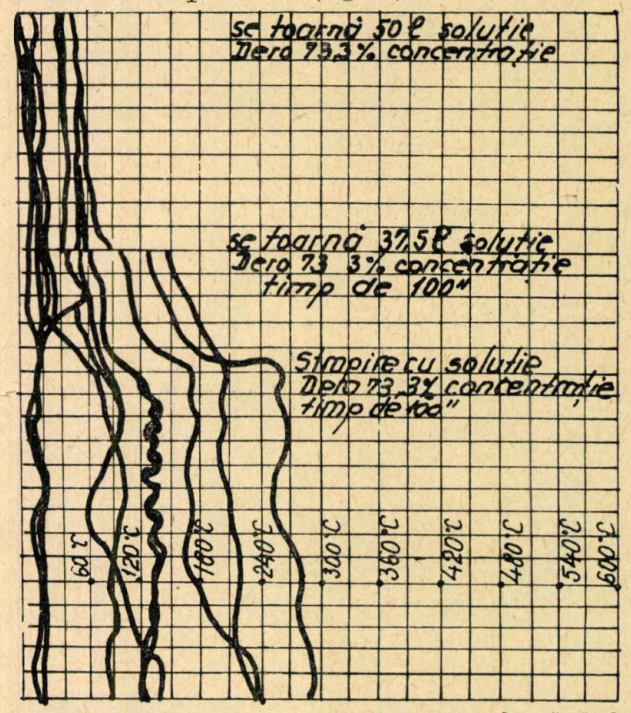


Fig. 8. Lichidarea focarului de ardere din buncărul de cărbune cu ajutorul substanțelor umectante tip DERO 73. Diagramă de temperaturi.

diții s-a procedat la evacuarea masei de cărbune, cînd s-a constatat umectarea totală a acesteia și lipsa punctelor de incandescență.

Experimentul nr. 3

S-a organizat în vederea aprecierii eficienței de stingere a barierelor termice create la suprafața buncărelor cu pulbere Florex și clorură de var.

Lignitul de Țebea a fost lăsat să evolueze liber timp de două zile, ceea ce a combustionat 4,8 % din masa de cărbune și a asigurat un regim termic de 266 °C. Peste focarul astfel dezvoltat s-a creat, la suprafața buncărului, un strat compact de 40 kg pulbere Florex, respectiv o încărcare de 32,5 kg/m ^{2}, care s-a aplicat după ce s-a procedat la tasarea manuală a cărbunelui din straturile superioare. În acest mod s-a asigurat o barieră avînd o grosime de 3 —5 cm.

În aceste condiții, stingerea a avut loc în interval de 24 ore, temperaturile scăzînd continuu de la 266 °C la 20°C, valoare ce s-a menținut apoi constantă (fig. 9).

Dat fiind caracterul alcalin al pulberii Florex, s-a controlat prin determinări de labo-

rator efectul său neutralizant asupra gazelor de ardere și s-a constatat o creștere a conținutului de K_2CO_3 (prin absorbție de CO_2) de 5%.

Lignitul de Țebea a fost lăsat să evolueze liber timp de două zile, ceea ce a combustionat din

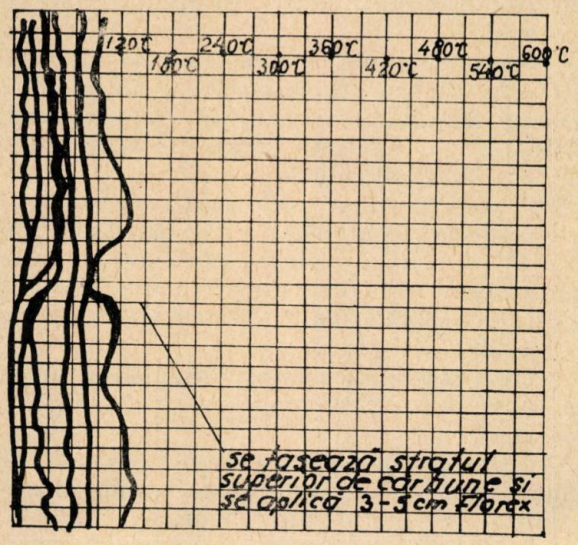


Fig. 9. Lichidarea focarului de ardere din buncărul de cărbune cu ajutorul barierei termice cu pulbere Florex. Diagramă de temperaturi.

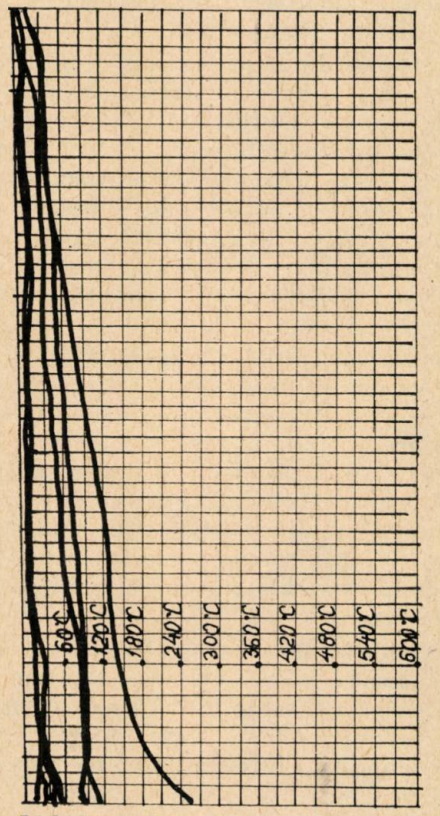


Fig. 10. Lichidarea focarului de ardere din buncărul de cărbune cu ajutorul barierei termice cu clorură de var.

masa de cărbune 4,8 %, asigurînd un regim termic de 260 °C. Peste focarul astfel dezvoltat s-a creat, la suprafața buncărului, un strat compact de 10 kg clorură de var (1 cm), respectiv 16,3 kg/m², care s-a aplicat după ce s-a procedat la tasarea manuală a cărbunelui din straturile superioare. Stingerea a avut loc într-un interval de 34 ore, temperaturile scăzînd continuu de la 260° la 14 °C (fig. 10).

Concluzii

1. Experimental s-a confirmat modul de ardere a cărbunilor sortați în buncăr în condițiile unei etanșări corespunzătoare celor aferente în cadrul centralelor termoelectrice, care permite o circulație de aer cu un debit mai mic de 0,1 m³/min/m².

Arderea cărbunilor în condițiile de depozitare este o ardere de tip mocnit fără flacără proprie, avînd ca efect emisie de vapori de apă, fum și gaze de ardere, conducînd la o creștere a conținutului de cenușă în buncăr și reducere a sarcinii termice a masei înmagazinate.

Procesul verificat experimental nu a evoluat uniform în masa cărbunelui, ci pe zone, cu transformarea finală a acestuia în cenușă.

2. Experimental s-a verificat că arderea zonală din interior, care se propagă, nu generează temperaturi care să impună adoptarea unui sistem de răcire exterioară, circulația de aer din jur asigurînd menținerea ei la valori termice nepericuloase.

3. Prin simularea experimentală a depozitării îndelungate a cărbunelui brut, creată în condițiile apariției stării de avarie în instalațiile energetice, s-a verificat că procesul de depozitare poate fi controlat tehnic prin aplicarea unora din măsurile testate, nefiind necesară evacuarea masei de cărbune.

4. Experimentările efectuate asupra eficienței de stingere a incendiilor dezvoltate în buncăr cu ajutorul substanțelor umectante tip DERO 73 și al unor substanțe pulverulente fabricate în țară, cum sînt pulberea Florex și clorura de var, au subliniat eficiența acestora în lichidarea procesului de ardere.

DERO 73 s-a dovedit a fi eficient la lichidarea unor focare de ardere ce evoluează în straturile profunde cu temperaturi ridicate (570 °C) ale cărbunelui stocat.

Pulberea Florex, datorită generării de produse inertizante ale atmosferei (CO_2), precum și datorită caracterului neutralizant al gazelor de ardere, s-a dovedit eficientă la crearea de bariere termice.

Experimental s-a verificat că o barieră termică de Florex de 3 —5 cm s-a dovedit eficientă în lichidarea arderii mocnite din buncăr.

De asemenea s-a verificat experimental eficiența de stingere a clorurii de var, ca înlocuitor mai ieftin al pulberii Florex, prin aplicarea unui strat de 1 cm, obținîndu-se lichidarea focarului din buncăr.

Bibliografie

[1] Loison, R. și Chauvin, R. *Mécanisme de l'inflammation des poussières.* În: Rev. Ind. Minérale, nr. 12, 1963, p. 997—1004.

(Articol intrat în redacție în aprilie 1980)

Folosirea HCl rezultat din sintezele organice la regenerarea cationiților din stațiile de tratare a apei din CTE ale M.E.E.

Chim. Aurelia Bolma*)

Creșterea continuă a potențialului energetic al țării noastre prin construcția de noi centrale termoelectrice de capacități mari, pe de o parte, sau prin extinderea celor actuale, pe de altă parte, conduce la consumuri mărite de reactivi folosiți la tratarea apei de adaos la cazane.

În instalațiile moderne de tratare a apei, echipate cu mase schimbătoare de ioni, costul apei tratate este influențat în primul rînd de consumul de reactivi pentru regenerare (HCl, H_2SO_4, NaOH), ca și de prețul acestora.

Pentru reducerea consumului de reactivi de regenerare există preocupări permanente atît în țara noastră cît și în străinătate. Una dintre aceste preocupări se referă la posibilitățile de folosire a reactivilor reziduali la regenerarea maselor schimbătoare de ioni.

Cercetările efectuate de ICEMENERG au avut drept scop să stabilească consecințele folosirii HCl rezultat din sintezele organice la regenerarea cationiților din stațiile de tratare a apei din centralele termoelectrice.

Acidul clorhidric rezultat ca produs secundar în urma proceselor tehnologice conține, față de acidul clorhidric tehnic de sinteză, impurități organice ca: benzen, cloral, produși clorurați ai benzenului, produși clorurați ai metanului și etilenei, produși clorurați ai acetilenei.

Acești produși sînt limitați prin STAS nr. 339/76 pentru acidul clorhidric tehnic, în limitele maxime cuprinse între 0,2—0,5 %.

Experimentări și rezultate

Cercetările au fost efectuate cu mostre de acid clorhidric tehnic provenit din procesele tehnologice care au loc în cadrul Combinatului chimic Rm. Vîlcea.

Acidul clorhidric tehnic rezultat din clorurările organice în cadrul acestui combinat se diferențiază în două sorturi, în funcție de procesul tehnologic, și anume:

— sortul I — acid clorhidric tehnic provenit de la clorurarea etilenei;

— sortul II — acid clorhidric tehnic provenit de la clorurarea propilenei.

Datorită reacțiilor de scindare care apar în timpul proceselor tehnologice, acidul clorhidric rezultat din ambele procese tehnologice conține toți derivații cloruraţi ai metanului și etilenei. Compușii organici cloruraţi care însoțesc acidul clorhidric tehnic sînt substanțe organice neionogene, neelectroliți, lichide incolore, cu o solubilitate foarte mică în apă, cu greutăți moleculare mici.

Compușii organici cloruraţi au fost determinaţi prin analiză cromatografică, obținîndu-se dozarea simultană a tuturor componentelor existente, într-un timp scurt, cu sensibilitate și selectivitate ridicată.

S-au studiat următoarele probleme:

— reținerea compușilor organici cloruraţi din HCl tehnic în rășinile schimbătoare de ioni — — cationice — în cursul regenerării și influența lor asupra capacității de schimb a schimbătorilor de cationi;

— eluarea acestor compuși organici în timpul procesului de spălare și volumul apei de spălare a cationilor;

— migrarea compușilor organici cloruraţi din schimbătorii cationici în linia de demineralizare, în timpul ciclurilor de funcționare;

— influența compușilor organici cloruraţi asupra capacității de schimb a schimbătorilor anionici;

— volumul de apă de spălare necesar spălării schimbătorilor anionici.

În procesul de regenerare a schimbătorilor cationici cu o soluție de HCl tehnic conținînd compuși organici cloruraţi, are loc concomitent un proces de schimb ionic clasic — ca între electroliți — și un proces de adsorbție moleculară [2]. Procesul de adsorbție moleculară are un caracter pur fizic, apărînd ca rezultat al unei interacțiuni moleculare, între schimbătorul de ioni și neelectrolit, datorită forțelor de tip Van der Waals.

La echilibru, ca urmare a efectului de membrană Donnan, concentrația electrolitului este mult mai mare la interfața rășină-lichid decît în interiorul rășinii, în timp ce neelectroliții cu greutate moleculară mică sînt într-o primă aproximație egal distribuiți între cele două faze. În acest proces apar și adsorbții suplimentare, cauzate de afinitatea neelectroliților pentru matricea hidrocarbonată a rășinilor schimbătoare de ioni.

Experimentările au fost efectuate pe trei filtre ionice de laborator, încărcate cu aceeași cantitate de masă schimbătoare de ioni indigenă, de tip VIONIT CS—3, care au funcționat în aceleași condiții, diferențiindu-se numai prin agentul regenerant:

H—1 — filtru cationic regenerat cu HCl tehnic — sortul I;

H—2 — filtru cationic regenerat cu HCl tehnic — sortul II;

H—3 — filtru cationic regenerat cu HCl tehnic de sinteză.

*) Chim. Aurelia Bolma este cercetător științific la ICEMENERG.

Au fost efectuate un număr de zece cicluri de funcţionare, care au constat din cele patru operaţii principale : epuizare, afînare, regenerare, spălare, respectîndu-se condiţiile din exploatarea practică a răşinilor schimbătoare de ioni.

Din rezultatele obţinute se pot trage următoarele concluzii :

— cantitatea de apă tratată de schimbătorii cationici nu este influenţată de calitatea acidului utilizat la regenerare ;

— necesarul de apă de spălare este cu 10 — 15% mai mare pentru filtrele regenerate cu HCl tehnic cu compuşi organici cloruraţi decît pentru filtrul regenerat cu HCl tehnic de sinteză ;

— compuşii organici cloruraţi care însoţesc acidul regenerant nu sînt îndepărtaţi integral odată cu acidul epuizat sau eluaţi cu apa de spălare. Reţinerea compuşilor organici cloruraţi în timpul regenerării are loc în proporţie de 60—95%. În timpul procesului de spălare a cationiţilor nu are loc eliminarea completă a compuşilor organici reţinuţi. Eluţia lor are loc în proporţie de 10 %. Numai printr-o spălare suplimentară cantitatea de compuşi organici cloruraţi eluată poate ajunge pînă la 40—50%. Diferenţa care rezultă dintre valoarea cantităţii totale de compuşi organici cloruraţi care pătrunde în filtrele cationice odată cu acidul regenerant şi cantitatea de compuşi organici cloruraţi prin acidul epuizat şi apa de spălare care ies din filtre reprezintă compuşii organici cloruraţi reţinuţi pe răşina cationică. Această reţinere se face neuniform de la o regenerare la alta şi procentual ea a reprezentat 64—97 % (tabelul 1).

cloruraţi atît după filtrul H-cationic, cît şi după filtrele anionice. Din analizele cromatografice ale compuşilor organici cloruraţi efectuate pe

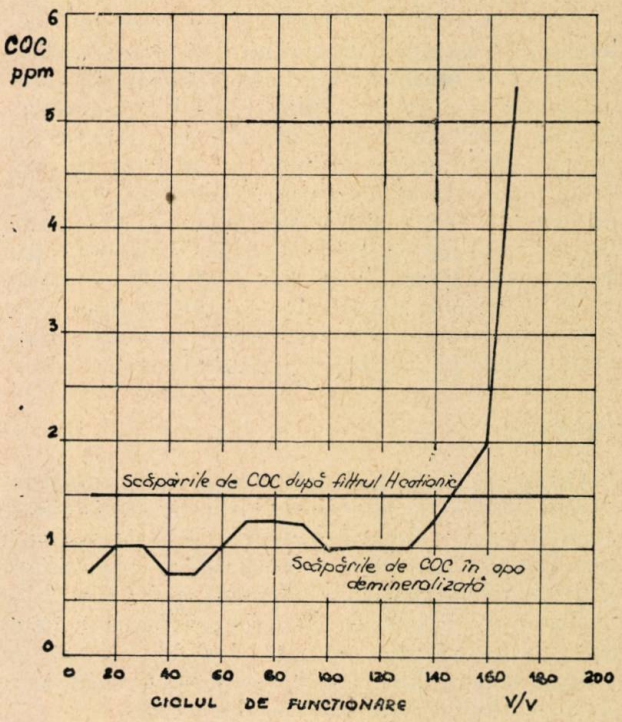


Fig. 1. Migrarea compuşilor organici cloruraţi în linia de demineralizare.

probe colectate din litru în litru, s-a putut constata că scăpările de compuşi organici cloruraţi după filtrul H-cationic sînt uniforme şi regu-

Tabelul 1

Ciclul de funcţionare	COC*) intraţi prin HCl 5% ppm		COC ieşiţi prin HCl epuizat, ppm		COC eluaţi prin spălare, ppm		Conţinutul de COC în răşină, mg/l răşină		COC reţinuţi %	
	H—1	H—2	H—1	H—2	H—1	H—2	H—1	H—2	H—1	H—2
1	38,7	17,5	3,32	1,97	0,779	0,36	73,9	35,2	76,2	80,5
4	38,7	17,5	3,60	1,62	0,524	0,3	90,3	36,2	93,0	82,8
5	38,7	17,5	1,7	1,42	0,42	0,46	86,8	35,1	89,9	81,0
6	38,7	17,5	0,97	2,0	1,9	0,59	62,4	32,2	64,3	73,6
9	38,7	17,5	0	1,89	0,384	0,32	94,2	35,8	97,1	81,8

*) COC — compuşi organici cloruraţi.

Migrarea în linia de demineralizare a compuşilor organici cloruraţi reţinuţi pe cationiţi în timpul procesului de regenerare a fost urmărită pe o instalaţie de laborator, reducînd la fază de laborator procesul de demineralizare.

Filtrul OH —1 mediu bazic a fost echipat cu schimbătorul de anioni de tip WOFATIT AD —41, iar filtrul OH —2 puternic bazic a fost echipat cu schimbătorul de anioni indigen de tip VIONIT AT —11.

În timpul ciclurilor de funcţionare s-au urmărit concomitent scăpările de compuşi organici

late, în apa tratată apărînd toate componentele iniţiale care însoţesc acidul regenerant (tricloretan, dicloretan, tricloretilenă, percloretilenă — sortul de HCl —1). Apa tratată de filtrul cationic conţinînd compuşi organici cloruraţi a alimentat treptele bazice OH —1 şi OH —2. Migrarea compuşilor organici cloruraţi în treptele bazice a fost urmărită pe probe colectate din litru în litru după filtrul OH —1, cît şi în apa total demineralizată, în timpul ciclurilor de funcţionare. Din diagrama prezentată se poate constata că scăpările compuşilor organici

clorurați în apa demineralizată se fac neuniform. Migrarea neuniformă a acestor compuși în apa demineralizată se explică prin saponificarea compușilor clorurați de către schimbătorii anionici puternic bazici. Prin saponificare, moleculele mari organice sînt scindate în molecule mici, stabile. Din analizele cromatografice individuale efectuate pentru apa dimineralizată, s-a putut remarca apariția unor molecule noi, neexistente inițial. Din aceste analize a rezultat că apa demineralizată este însoțită de compuși organici cu cea mai mare stabilitate chimică, și anume tetracloretilenă și tetraclorură de carbon, din seria compușilor organici clorurați alifatici. În același timp s-a putut constata o micșorare a procentelor de tricloretan și dicloretan, care erau inițial în cantitatea cea mai mare.

Concluzii

Compușii organici clorurați care însoțesc acidul clorhidric tehnic rezultat în urma sintezelor organice sînt neelectroliți. Ei sînt reținuți pe cationiți în timpul procesului de regenerare a maselor schimbătoare de ioni, prin adsorbție moleculară. Procesul are un caracter pur fizic, apărînd ca rezultat al unei interacțiuni moleculare, între schimbătorul de ioni și neelectrolit, datorită forțelor de tip Van der Waals.

Compușii organici clorurați neeluați în acidul epuizat și în timpul procesului de spălare sînt antrenați în apa tratată în timpul ciclurilor de funcționare. Acești compuși sînt reținuți reversibili de schimbătorii anionici situați în aval de cationiți în linia de demineralizare. În plus, acești compuși suferă un proces de saponificare, astfel încît în apa demineralizată ce intră în circuitul termic apar compuși organici noi, cu molecule mici, stabile (de exemplu tetraclorura de carbon).

Substanțele organice clorurate prezente în apa de alimentare a cazanelor au efecte nocive asupra stratului de magnetită, producînd coroziuni, conduc la creșterea conductivității electrice a apei și aburului, la formarea de hidrogen etc., fenomene care scad siguranța în exploatare a blocurilor energetice.

Bibliografie

[1] Brunner, R. *Organische Chlorverbindungen in Regenerationssalzsäure.* În: VGB, 49, nr. 2, 1969, p. 122–129.

[2] Korkisch, J. *Ion Exchange in mixed and nonaqueous media.* În : Progress in Nuclear Energy, seria IX, Anal. Chem. vol. 6, London Pergamon Press, 1966.

[3] Vaclav Sedivec. *Handbook of Analysis of Organic Solvent.* Institute of Hygiene and Epidemiology, Praga, 1976.

[4] Bauman, W. C. *Ion Exchange technology.* Nachod and Schubert, Acad. Press. Inc. Publishers, New York, 1956, p. 202–282.

[5] Kunin, R. *Ion Exchange Resins,* 1963, p. 153–161.

(Articol intrat în redacție la 11 aprilie 1980)

Aspecte privind posibilitatea funcționării insulare a platformei energetice Rm. Vîlcea

Ing. **D. Mihăilescu**
și ing. **I. Rențea***)

Pentru realizarea proceselor tehnologice aferente marilor platforme industriale este necesară alimentarea continuă cu energie electrică și termică a consumatorilor. Soluțiile de alimentare cu energie electrică și termică a platformelor industriale asigură condițiile de continuitate impuse de consecințele deosebit de grave ale întreruperii alimentării. Cu toate acestea, indiferent de siguranța schemei de alimentare din sistem a consumatorilor, pot exista situații în care, în urma unor avarii grave produse în sistem, teritorii extinse, putînd afecta mai multe platforme industriale, să rămînă nealimentate cu energie electrică.

Declanșarea prin protecție a unor grupuri generatoare sau a unor artere importante, avînd ca efect imediat apariția unui deficit mare de putere, poate conduce la pierderea stabilității statice a sistemului. Funcționarea corectă a instalațiilor de automatizare din sistem, în cazul apariției unor mari perturbații, este absolut necesară, avînd în vedere și următoarele două aspecte :

a) creșterea neîntreruptă a puterii unitare a blocurilor energetice ;

b) politica energetică actuală, care, din considerente economice, impune utilizarea echipamentelor producătoare la randamente maxime, deci la sarcini apropiate de valorile nominale, aceasta conducînd însă la o rezervă turnantă relativ mică.

În cazul pierderii stabilității statice a sistemului în vederea readucerii frecvenței la valori acceptabile, este necesar să lucreze DASf, DASU aferente SEN. În cazul unor perturbații care, ulterior acționării DASf, conduc la scăderea în continuare a frecvenței, este necesară acționarea instalațiilor automate de separare de sistem a centralelor de platformă cu consumul lor. Evident, aceste separări au ca prim obiectiv menținerea continuității proceselor tehnologice aferente platformelor industriale, prin evitarea întreruperilor în alimentarea cu

*) Autorii lucrează la ICEMENERG.

energie electrică și termică. Trecerea reușită la regimul de funcționare insulară al centralelor de platformă influențează favorabil realizările tuturor ramurilor economiei naționale.

În cazul platformelor energetice unde puterea produsă este deficitară, în urma separării de sistem, frecvența în insula formată va avea în continuare tendința de scădere.

Pentru readucerea frecvenței la valori normale corespunzător funcționării de durată a insulei, este necesară deconectarea unor tranșe din consumul uzinal al platformelor industriale.

Dacă și în urma acestei acțiuni frecvența scade în continuare, instalația de separare automată va comanda izolarea pe S.I. a centralei electrice.

Probabilitatea de reușită a separării de sistem a centralelor de platformă și a funcționării de durată în regim insular este favorabil influențată de următoarele aspecte :

1. Legătura electrică între platforma energetică și sistemul energetic să fie făcută printr-un număr redus de întrerupătoare.

2. În regimul anterior separării, sarcina electrică și termică a consumatorilor ce urmează a fi alimentați insular trebuie să fie cît mai apropiată de sarcina generatoarelor. Separarea de sistem a insulei în situația în care schimbul de putere cu sistemul este aproximativ egal cu zero conduce la un regim tranzitoriu de restabilire a frecvenței și tensiunii în insulă sensibil mai redus ca amplitudine și durată, față de situația în care separarea se face cu aruncare sau preluare de sarcină. În acest context ar trebui analizată soluția introducerii unor sumatoare de putere care să controleze permanent echilibrul între puterea produsă și cea consumată. În cazul în care există circulație de putere dinspre sistem spre insulă, acestea vor comanda în regimul anterior separării acționarea unor trepte de DASf la consumator, în scopul echilibrării puterii consumate cu cea produsă. Dacă separarea de sistem se face cu aruncare de sarcină, se constată că, cu cît aruncarea de sarcină este mai mare, caracteristicile de reglaj ale RAT și RAV aferente grupurilor generatoare determină succesul acțiunii de insularizare.

3. Separarea de sistem în grup a generatoarelor poate conduce la apariția pendulațiilor de putere între mașini și la repartiția neuniformă a sarcinii. Acest lucru se datorește în principal neidentității caracteristicilor RAT și RAV.

Avînd în vedere variația invers proporțională a cuplului de pendulare al unei mașini cu valoarea reactanței înseriate cu t.e.m., rezultă că separarea de sistem a unui grup de generatoare funcționînd în paralel pe barele de 35 sau 110 kV prin intermediul transformatoarelor de bloc are o probabilitate de reușită superioară față de separarea unui grup de mașini funcționînd în paralel la tensiunea de producere. Pentru generatoarele care funcționează la tensiunea de producere, în vederea creșterii probabilității de reușită a insularizării este preferabil să se adopte o schemă care să conducă la separarea individuală a grupurilor.

4. Pe parcursul regimului stabil de funcționare insulară a unui grup energetic, se poate permite transferul prin AAR al unei sarcini sau pornirea unor motoare, dacă sarcina care pornește sau autopornește este de circa 15% din puterea nominală a grupului. Evident, încărcarea activă a mașinii trebuie să permită preluarea sarcinii suplimentare care autopornește sau pornește.

O insulă avînd ca sursă mai multe generatoare funcționînd în paralel poate permite pornirea unor motoare, sau transferul prin AAR al unei sarcini, funcție de acordul corect al caracteristicilor de reglaj ale RAT și RAV ale grupurilor. În cazul unui acord ideal al regulatoarelor, fapt ce determină ca preluările de sarcină să fie proporționale cu puterea mașinilor, puterea motorului care pornește sau sarcina care autopornește poate fi de circa $15-20\%\ \Sigma P_{n\ grupuri}$, cu aceeași condiție de menținere în domeniul de curent maxim admis al mașinilor.

Practic, dacă nu s-au efectuat măsurători, verificări și o acordare atentă a reglajelor regulatoarelor, se recomandă ca sarcina care pornește sau autopornește să nu depășească 15—20% din puterea celui mai mare grup din insulă.

5. Menținerea în funcțiune a fluxului tehnologic la consumator pe parcursul regimului tranzitoriu anterior separării de sistem, cît și pe durata regimului de funcționare insulară. Pe parcursul funcționării în aceste regimuri, cînd pot să apară și variații ale U și f, principalele cauze care ar putea conduce la deconectarea consumatorului sînt următoarele :

a) Echipamentele primare sînt solicitate la limita periculoasă datorită variațiilor U și f.

b) Procesele tehnologice sînt perturbate de variațiile U și f.

c) Protecțiile echipamentului primar sau protecțiile tehnologice, reglate conform indicațiilor furnizorului, au valori cu mult diferite față de cele care realmente sînt periculoase, acestea nefiind totdeauna justificate din punct de vedere tehnic.

d) Instalațiile de automatizare și control sînt perturbate de variațiile de tensiune și frecvență, comandînd fals declanșarea, deși nici echipamentele primare și nici procesul tehnologic nu sînt afectate.

e) Deficiențe în schemele și reglajele instalațiilor de protecție și automatizare.

Cauzele de la pct. *a)—d)* nu pot fi cunoscute anticipat, ele urmînd a fi evidențiate prin probe și apoi înlăturate prin luarea unor măsuri corespunzătoare, unele dintre ele presupunînd chiar

înlocuiri de echipamente. Ultima cauză afectează suplimentar siguranța în funcționare a consumatorilor, chiar în cazul unei situații normale a SEN.

Datorită complexității echipamentelor electrice și termice ale ansamblului producător-consumator, reușita procesului de insularizare depinde de o multitudine de factori aleatorii. În vederea verificării posibilității funcționării insulare a unei platforme energetice, trebuie efectuate probe pe viu. În cele ce urmează se exemplifică probele care au verificat posibilitatea funcționării insulare a platformei Rm. Vîlcea.

Modul de abordare a problemei pentru alte platforme energetice este asemănător, fiind necesare doar adaptări la specificul local.

Schema normală de funcționare a platformei Rm. Vîlcea (fig. 1) reprezintă un microsistem funcțional avînd ca unități producătoare CET Govora, CHE Rîmnicu Vîlcea, Dăiești, Rîureni, Govora, Băbeni, surse din 220 kV prin AT-200 MVA din stațiile Stupărei, Rîureni și din 110 kV prin LEA racordate la stațiile Căzănești, Lădești, Marcea, Drăgășani.

Consumatorii importanți din acest microsistem îi constituie CIPA Rm. Vîlcea și CPS Govora.

O întrerupere a continuității în alimentarea cu energie electrică și termică a acestor consumatori, însumînd o putere de circa 210 MW, se soldează cu daune materiale foarte mari. Întrucît, de regulă, în funcțiune ca surse ce alimentează direct stația Stupărei și stația Rîureni sînt cîte un grup hidro și trei grupuri termo, totalizînd o putere de circa 220 MW, în cazul unor avarii de sistem s-a considerat viabilă soluția funcționării insulare a surselor mai sus amintite cu consumul CIPA și CPS, prin deconectarea celor două legături AT de 220 kV cu sistemul, precum și a LEA 110 kV.

Probele de verificare a posibilității funcționării insulare a platformei energetice Rm. Vîlcea s-au efectuat în două etape.

A. Probele din etapa I s-au efectuat fără participarea consumatorilor (CIPA+CPS).

Scopul probelor a fost următorul :

— verificarea stabilității funcționării în paralel a generatoarelor hidro și termo la separarea de sistem cu aruncare de sarcină (proba 1);

— verificarea posibilității de repornire a CET Govora pe un bloc de 25 MW din cadrul CHE Govora (proba 2).

1. *Proba 1.* Separarea de sistem a blocului 2 de 25 MW din CHE Govora în paralel pe bara de 110 kV cu blocul 3 de 50 MW din CET Govora cu o aruncare de sarcină de la (62,8+j 14,34) MVA la (15,4+j 26,3) MVA.

Valorile mărimilor analizate care caracterizează regimul verificat sînt date în tabelul 1.

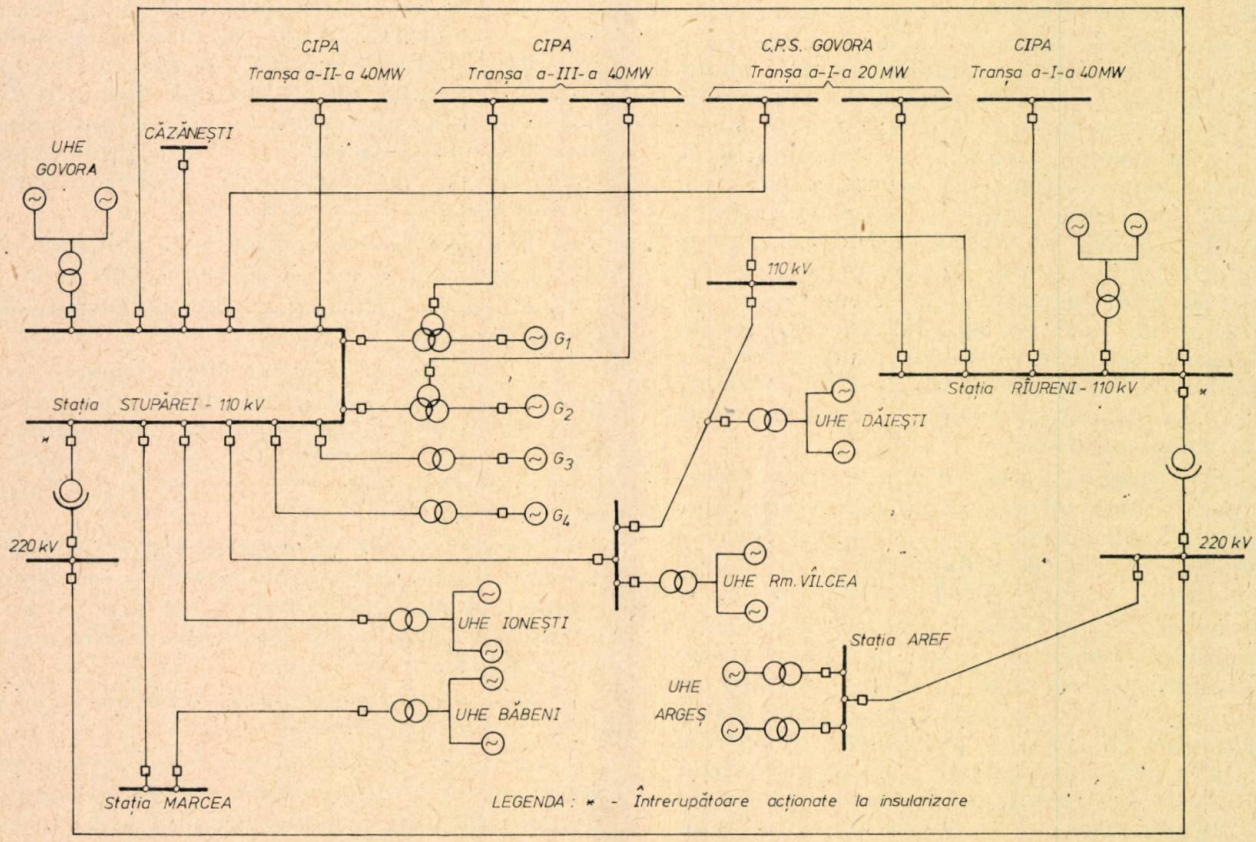


Fig. 1. Schema de separare automată a zonei Rm. Vîlcea.

Tabelul 1

Mărimea analizată	Generator	U.M.	Valoare inițială	Regimul tranzitoriu				Valoare stabilizată
				Valoare maximă		Valoare minimă		
				timp	valoare	timp	valoare	
Încărcarea	G_2 hidro	MVA	21,8+j 3,5	2,1	18,9+j 7,8	12	3,35+ j 5	4,6+j 2,82
	G_3	MVA	41+j 10,8	0,5	9,9+j 11,7	2,5	0+j 22	10,79+j23,48
Tensiunea la borne	G_2	V	10000	2,1	10923	5	10400	10400
	G_3	V	10200	3,5	12080	5,5	11543	11811
Curentul debitat	G_3	A	1275	2,1	1080	7	345	300
	G_2	A	2400	3,5	1095 I	0,5	860	1263
Tensiunea de excitație	G_2	V	155	4	99	2,1	79,8	92,6
	G_3	V	121,4	8	95	5	89,2	93,1
Tensiunea pe servicii proprii	G_3	V	3600	2,1	6730	5	6372	6372
Curentul pe servicii proprii	G_3	A	293	0	408	3	293	293
Turația	G_3	rot/min	2998	2,5	3200	—	—	3098

Durata regimului tranzitoriu a fost de circa 9 s. Pe durata regimului tranzitoriu a avut loc o pendulație de putere între cele două grupuri. Datorită vitezei de răspuns sensibil mai mici a regulatorului de viteză aferent grupului termoenergetic, creșterea frecvenței ca urmare a separării de sistem cu aruncare de sarcină a condus la descărcarea activă a mașinii după circa 2,5 s. Din cauza vitezei de răspuns mai mari, regulatorul grupului hidro a început să lucreze după 2,5 s. A urmat apoi un transfer invers de putere, astfel că la sfîrșitul procesului tranzitoriu grupurile au rămas încărcate activ proporțional cu puterea lor nominală și statismul celor două regulatoare.

În figura 2 este redat modul de variație a mărimilor înregistrate pe durata regimului tranzitoriu.

Proba a certificat posibilitatea funcționării stabile în paralel a unui grup termoenergetic din CET Govora cu un grup hidroenergetic din CHE Govora, la separare de sistem cu aruncare de sarcină.

2. *Proba 2.* Pornirea electropompei de alimentare de 4 MW a grupului turbogenerator 3 din CET Govora, pe blocul 2 de 25 MW din CHE Govora.

Valorile mărimilor analizate care caracterizează regimul studiat sînt date în tabelul 2.

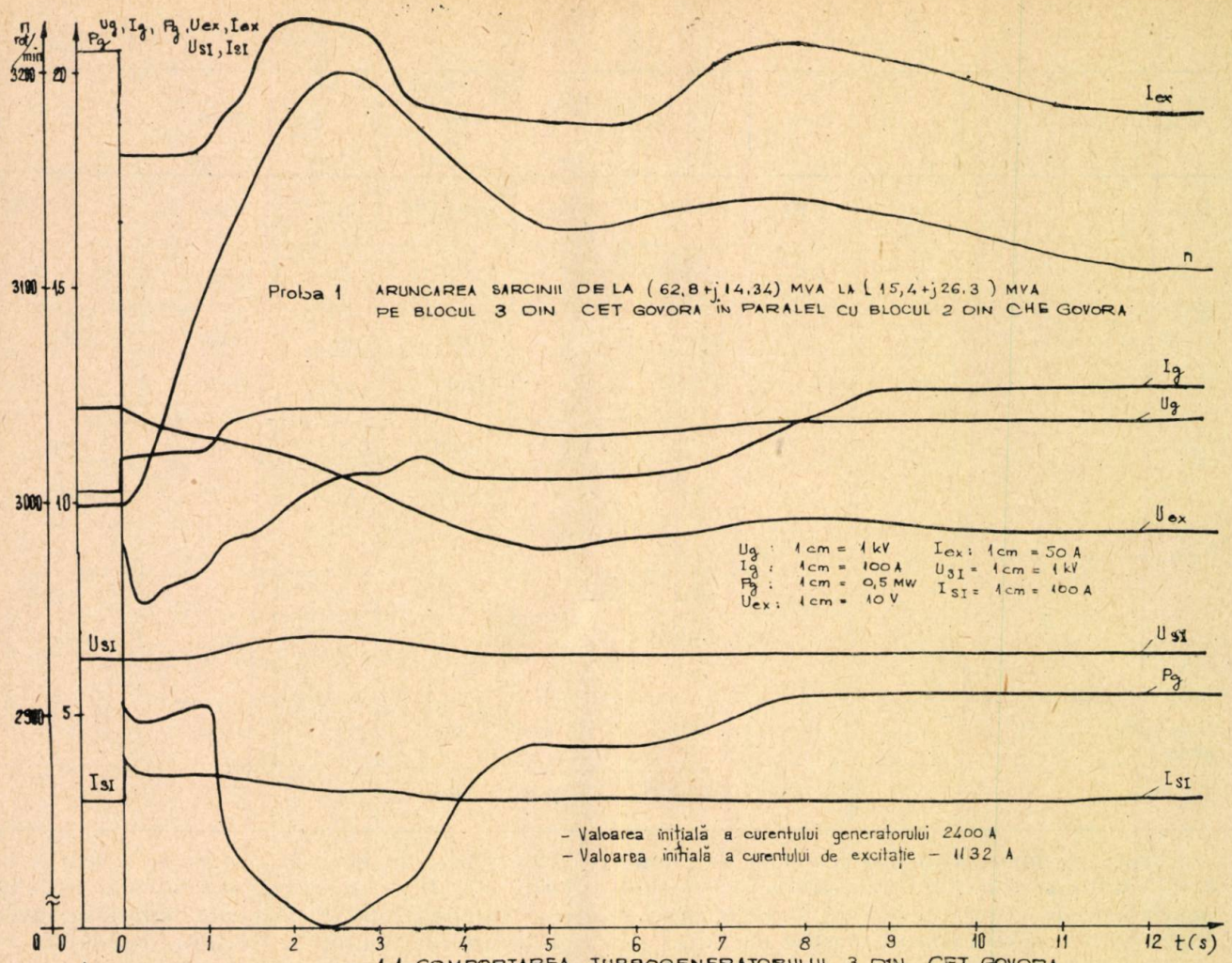
Durata regimului tranzitoriu de pornire a motorului EPA este de circa 9 s, iar stabilizarea regimului durează circa 12 s.

Tensiunea la bornele motorului a scăzut la circa 60% U_n. Curentul de pornire al motorului este de circa 2200 A. Datorită puterii reactive absorbite de motor la pornire, tensiunea la bornele generatorului hidro scade în jur de circa 75% U_n. Scăderea tensiunii la borne a determinat intrarea în funcțiune a RAT al grupului. Menținerea tensiunii de excitație la o valoare ridicată pe toată perioada pornirii îmbunătățește condițiile de pornire a motorului. Durata regimului tranzitoriu de pornire este direct influențată de performanțele RAT (timp de răspuns, factor de amplificare, statism).

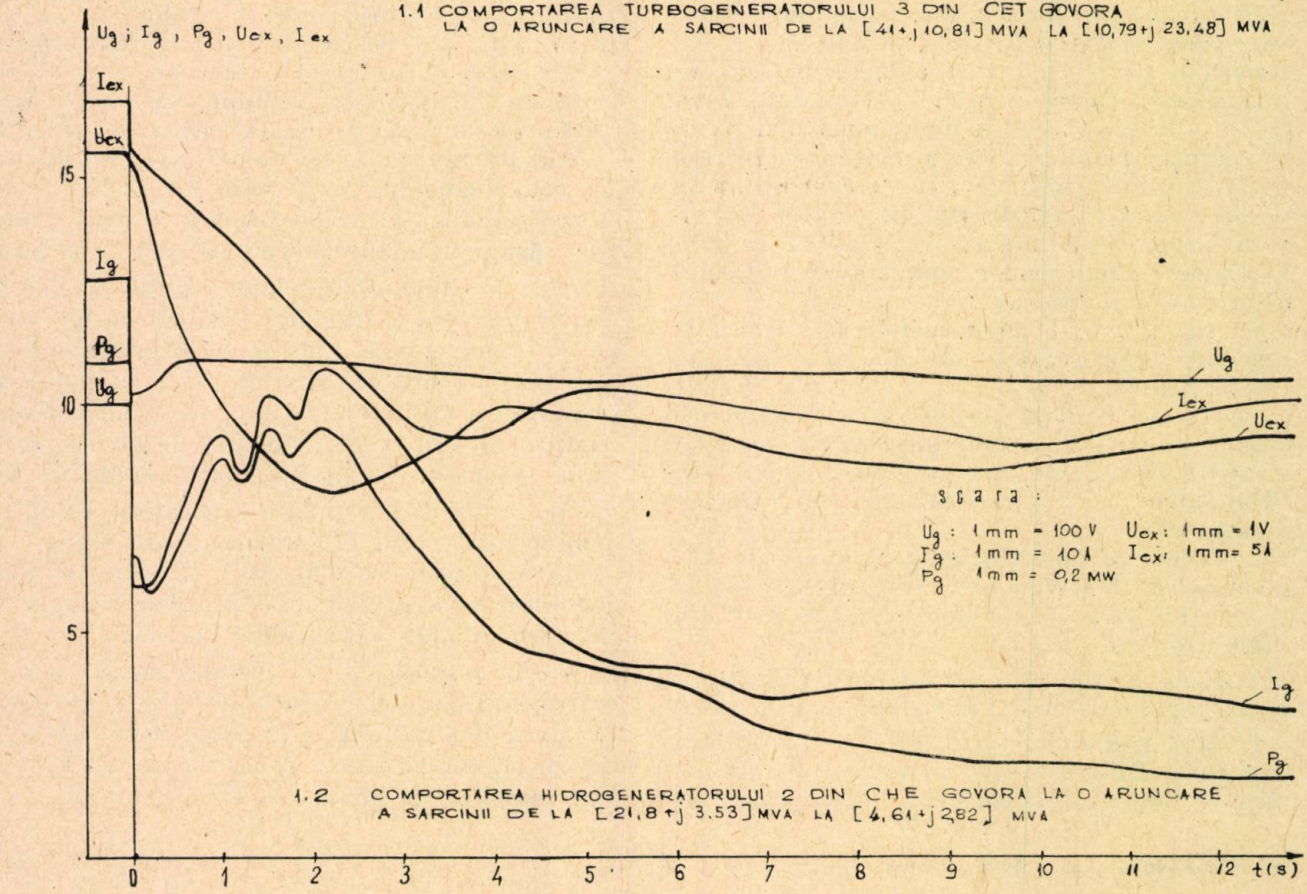
Pornirea unui astfel de motor pe sistem determină o durată a regimului tranzitoriu de circa 6—7 s. Pe perioada probelor, încărcarea grupului hidro a fost de cca 10% I_n. La pornirea motorului, curentul statoric al generatorului hidro a crescut pînă la valoarea de 1410 A, deci sub valoarea curentului nominal (1470 A).

Se poate deci estima că pornirea aceluiași motor, în situația în care încărcarea inițială a grupului este de circa 20—25% I_n, este posibilă, curentul total situîndu-se sub valoarea reglajului protecției de suprasarcină (1750 A).

Pornirea motorului în situația în care încărcarea grupului depășește circa 25% I_n poate fi în principiu posibilă, dar este necesară luarea în considerație a unor aspecte vizînd fiabilitatea intrinsecă a mașinii.



1.1 COMPORTAREA TURBOGENERATORULUI 3 DIN CET GOVORA
LA O ARUNCARE A SARCINII DE LA [41+j 10,81] MVA LA [10,79+j 23,48] MVA



1.2 COMPORTAREA HIDROGENERATORULUI 2 DIN CHE GOVORA LA O ARUNCARE
A SARCINII DE LA [21,8+j 3.53] MVA LA [4,61+j 2,82] MVA

Fig. 2

Tabelul 2

Mărimea analizată	U.M.	Valoarea inițială	Regimul tranzitoriu				Valoarea stabilizată
			Valoarea maximă		Valoarea minimă		
			timp	valoare	timp	valoare	
Încărcarea	MVA	2,5+j 0,9	9	9,3+ j 15,5	9,2	3,7+j 8,9	5,3+j 3,4
Tensiunea la borne	V	10267	9,6	11200	0,5	7734	10533
Curentul debitat	A	150	7	1410	13	330	345
U_{SI} – CET	V	6014	9,6	6372	0,5	3580	6014
I_{SI} – CET	A	150	7	1410	13	306	345
Curentul de excitație	A	630	8,7	1107	—	—	706
Tensiunea de excitație	V	115	7	201	10	123	127,7

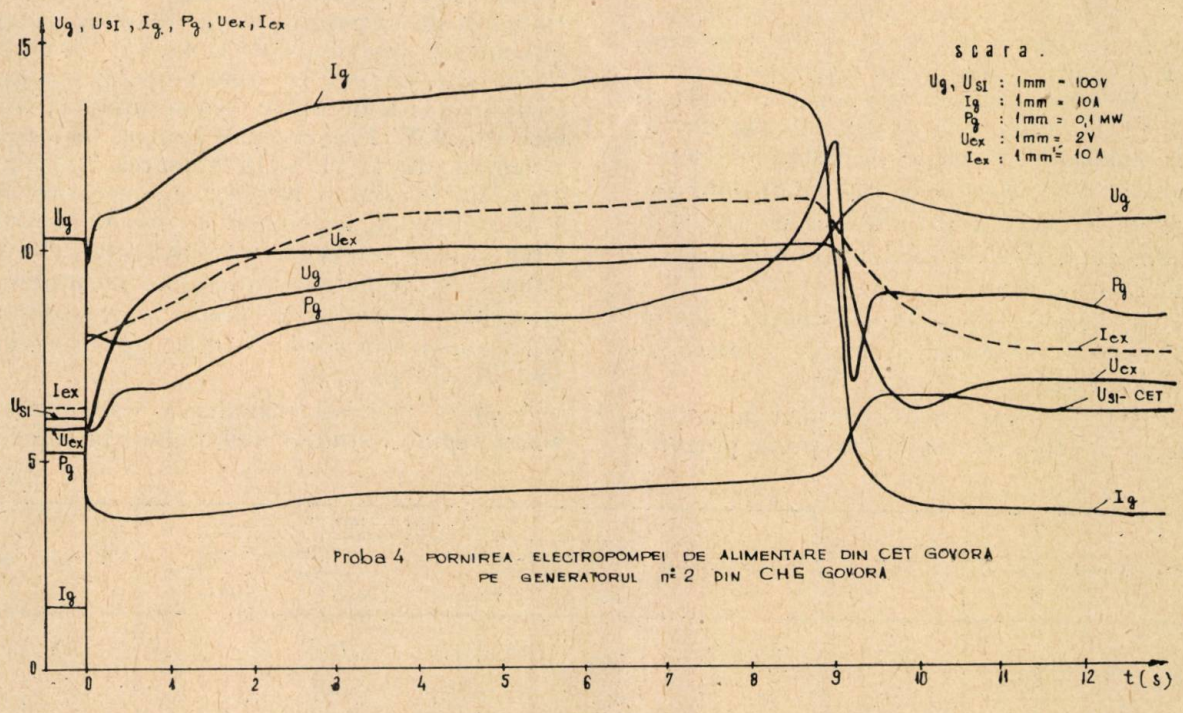


Fig. 3

În concluzie, deoarece electropompa de alimentare constituie cel mai mare motor din serviciile proprii ale unui grup termoenergetic, reușita probei certifică posibilitatea pornirii unui grup termo de 50 MW din CET Govora pe un grup hidro de 25 MW din CHE Govora. În figura 3 este redat modul de variație a mărimilor înregistrate pe durata regimului tranzitoriu.

B. Probele efectuate în etapa a II-a s-au efectuat cu participarea consumatorului.

Scopul probelor a fost următorul :

— verificarea comportării consumatorilor din zonă la scăderea frecvenței și a tensiunii de alimentare ;

— determinarea posibilității de rămînere în funcționare insulară a microzonei Rm. Vîlcea la separarea de sistem.

În scopul verificării comportării consumatorilor la variațiile U și f care au loc în regimul anterior separării de sistem, s-au simulat perturbații crescătoare ca mărime. Pe perioada probelor, microzona Rm. Vîlcea a rămas legată prin AT-220 kV Rîureni și LEA Arefu, pe o bară separată în stația Arefu, cu două grupuri din CHE Argeș. Toate legăturile cu sistemul microzonei au fost deconectate (vezi fig . 1).

Desfășurarea în timp a probelor a fost următoarea :

a) Deconectarea unui grup din CHE Argeș încărcat la (30+j15) MVA. În urma acestor perturbații, tensiunea pe bara de 110 kV măsurată în stația Rîureni a scăzut de la 122, 4 kV la 118 kV, iar frecvența microzonei a scăzut de la 49,4 la 49,3 Hz. Sistemele de reglaj ale grupuri-

lor rămase în insulă s-au comportat corect, grupurile preluînd, cu slabe oscilații amortizate, deficitul de putere. Consumatorii nu au fost afectați.

b) Deconectarea liniei de 220 kV Arefu-Rîureni. În urma acestei probe, zona Rm. Vîlcea s-a separat de cel de-al doilea grup din CHE Argeș, separarea producînd un deficit în zonă de (5+j16) MVA.

Variația de frecvență a fost scăzută.

Tensiunea a scăzut însă cu circa 7,5%, de la 116,3 kV la 107,8 kV.

c) Deconectarea simultană a patru grupuri hidro în centralele Rm. Vîlcea, Rîureni, Dăiești și Băbeni, însumînd o putere produsă de (39,5+j36) MVA în condițiile în care puterea consumată în insulă era de (200 +j128) MVA.

După deconectare frecvența a scăzut sub valoarea de reglaj a releelor de frecvență (48,5 Hz) care au comandat declanșarea treptelor DASf-sistem, totalizînd circa 15 MW. Deficitul de putere a fost preluat prin încărcarea grupurilor rămase în funcțiune. Această probă a pus în evidență două aspecte de importanță majoră :

— serviciile interne ale stațiilor de transformare din zonă sînt incorect introduse în treptele de DASf-sistem ;

— același lucru este valabil și pentru LEA de 20 kV care alimentează serviciile interne ale centralelor hidroelectrice din zonă.

În cazul în care unele grupuri hidro, la momentul avariei, nu sînt în funcțiune, pornirea lor în lipsa tensiunii pe barele de servicii interne devine posibilă numai cu ajutorul grupurilor electrogene, deci după o perioadă mare de timp (circa 30 min).

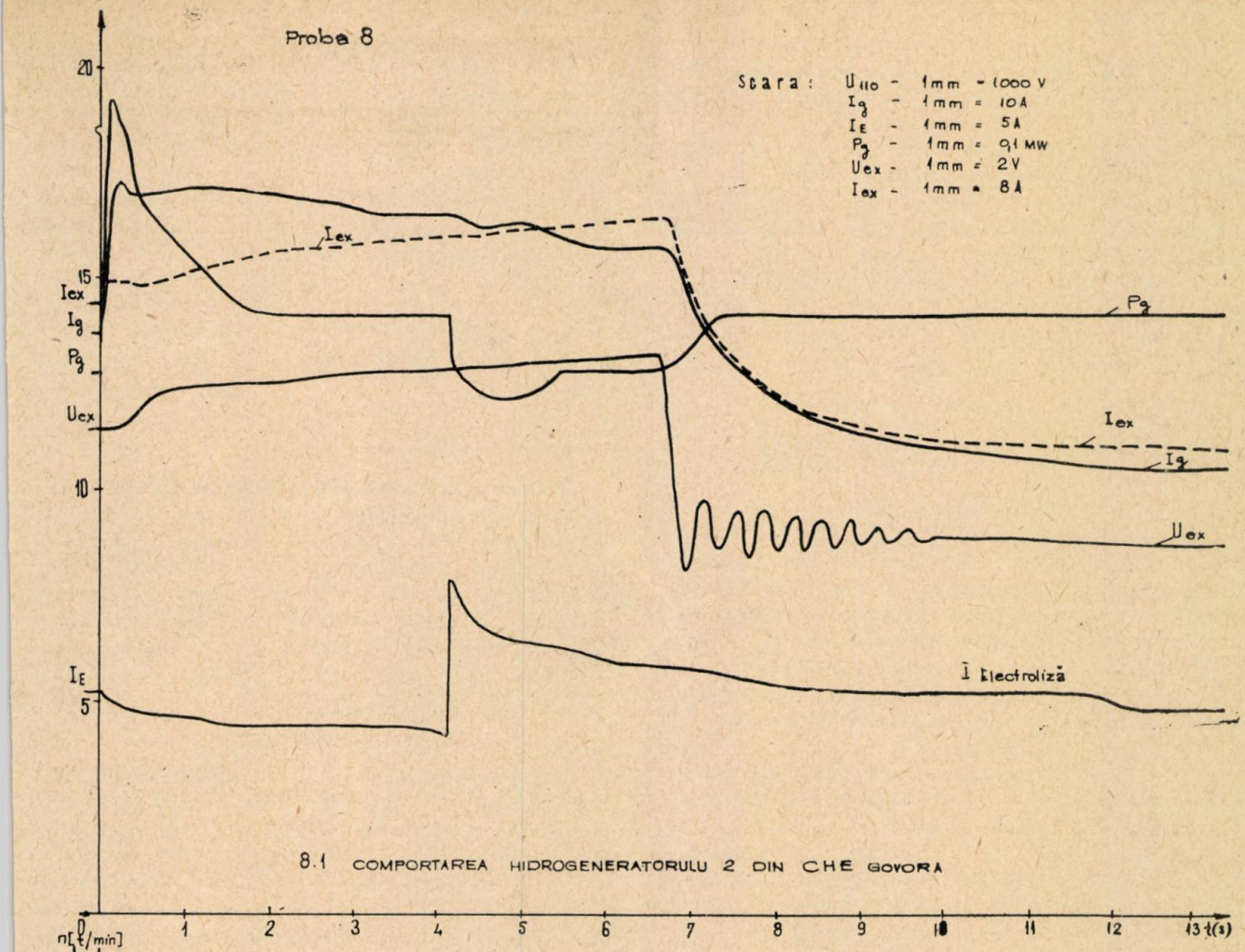
Pornirea rapidă a grupurilor hidro, în cazul unor avarii grave de sistem, are o importanță deosebită în restabilirea rapidă a frecvenței în insulă și în reducerea timpului de sincronizare a acesteia cu sistemul. Acest lucru conduce la necesitatea excluderii din treptele de DASf-sistem a serviciilor interne ale centralelor hidroelectrice din microzona Rm. Vîlcea.

d) Deconectarea unui grup termoenergetic de 50 MW din CET Govora. În situația în care insula era alimentată de cele trei grupuri termo din CET Govora și un grup hidro din CHE Govora, puterea totală vehiculată fiind (185+ +j104) MVA, a fost deconectat un grup termo. Deficitul de putere, de circa 50 MW, a condus la scăderea frecvenței de la 48,5 Hz la 46,2 Hz în timp de 4,17 s. În acest moment a acționat treapta a II-a de DASf la consumator, totalizînd 40 MW. Frecvența a început să crească, revenind după 11 s la valoarea inițială de 48,5 Hz. Tensiunea la bornele generatoarelor a scăzut pînă la acționarea treptei de DASf cu circa 15% și a revenit la valoarea inițială după circa 11 s. Pe parcursul desfășurării probei, instalațiile ansamblului producător-consumator s-au comportat corect, fără să apară deconectări de echipament.

Valorile mărimilor analizate care caracterizează regimul studiat sînt redate în tabelul 3.

Tabelul 3

Mărimea analizată	Generator	U. M.	Valoarea inițială	Regimul tranzitoriu				Valoarea stabilizată
				Valoarea maximă		Valoarea minimă		
				timp	valoare	timp	valoare	
Încărcarea	G_1	MVA	53,6+j29,2	0,2	66+j41,6	4,17	55,8+j26,6	63,8+j36,6
	G_2	MVA	56,5+j31	0,2	67,5+j38	4,17	56,6+j20	54,5+j44,5
	G_4	MVA	52,8+j28	0	0	0	0	0
	G_h	MVA	12,8+j21,3	0,2	19,2+j23	20	14,8+j6,1	14,8+j6,1
Tensiunea la borne	G_1	V	10500	12	10500	4,17	9280	10500
Curentul debitat	G_1	A	3360	0,2	4520	4,17	3840	3840
	G_2	A	3550	0,2	4480	4,17	3720	4060
	G_h	A	1369	0,2	1728	20	994	994
Curentul de excitație	G_1	A	1260	0,2	1410	4,17	1280	1365
	G_2	A	1030	0,2	1200	4,17	1030	1105
	G_h	A	1150	6,7	1312	20	850	850
I_{elect} III	—	A	259	4,17	392	4,1	211	229
Turație	—	rot/min	2910	11	2915	4,17	2780	2915


Proba 8
Scara : U_{110} - 1mm = 1000 V
I_g - 1mm = 10A
I_E - 1mm = 5A
P_g - 1mm = 9,1 MW
Uex - 1mm = 2V
Iex - 1mm = 8A
Iex
Ig
Pg
Uex
I_E
I Electroliză
8.1 COMPORTAREA HIDROGENERATORULU 2 DIN CHE GOVORA

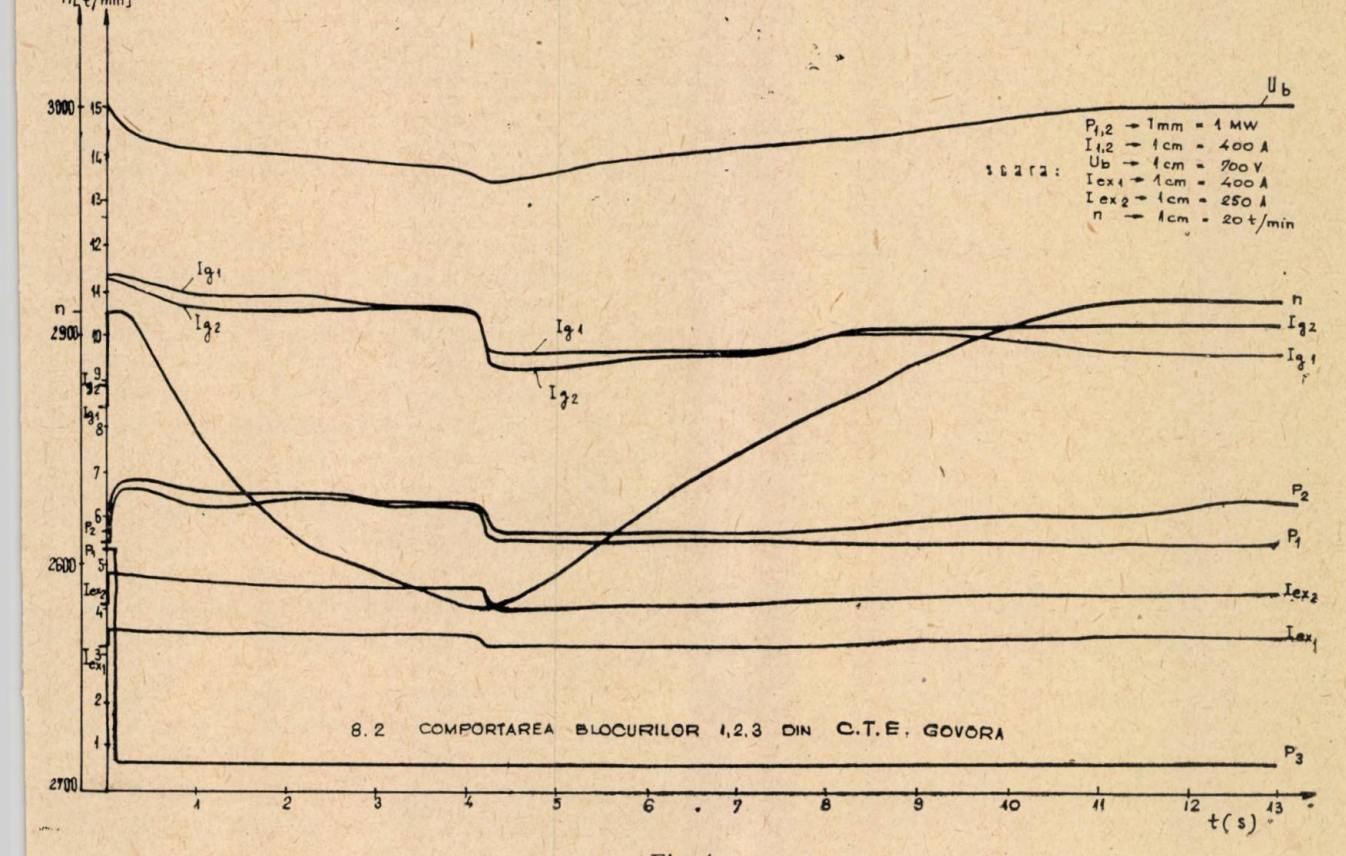

n[rot/min]
t(s)
Ub
Scara :
P1,2 → 1mm = 1 MW
I1,2 → 1cm = 400 A
Ub → 1cm = 700 V
Iex1 → 1cm = 400 A
Iex2 → 1cm = 250 A
n → 1cm = 20 t/min
Ig1
Ig2
n
P2
P1
Iex2
Iex1
P3
8.2 COMPORTAREA BLOCURILOR 1,2,3 DIN C.T.E. GOVORA

Fig. 4

Analiza rezultatelor obținute în urma probei a condus la o serie de concluzii importante, și anume :

— În cazul separării de sistem a platformei energetice Rm. Vîlcea, cu un deficit de putere de circa 50 MW, trecerea la un regim de funcționare insulară stabilă este satisfăcută de acționarea corectă a primei tranșe de DASF la consumator.

— Necesitatea reconsiderării reglajelor propuse inițial pentru tranșele DASf la consumator.

Reglajele instalațiilor DASf la consumator propuse inițial au fost următoarele :

47,5 Hz cu 1 s — separarea de sistem
47,5 Hz cu 2 s — tranșa I DASf — 60 MW
47,5 Hz cu 2,5 s — tranșa II DASf — 40 MW
47,5 Hz cu 3 s — tranșa III DASf — 40 MW

Pe perioada probelor pentru tranșa I s-a menținut temporizarea de 2 s, tranșa a II-a a fost reglată la 3 s, iar tranșa a III-a scoasă de pe DASf. Pe parcursul desfășurării probei, treapta I DASf a refuzat să acționeze după 2 s, acționînd corect după 3 s treapta a II-a.

Configurația și structura microzonei Rm. Vîlcea determină ca la o separare de sistem cu un deficit de circa 50 MW, frecvența să scadă cu o derivată de 0,55 Hz/s (fig. 4).

Avînd în vedere că treapta I DASf consumator este temporizată la 1 s față de separare, în momentul acționării acestei tranșe frecvența ajunge la circa 47 Hz. După acționarea acestei tranșe, frecvența crește, dar perioada de timp necesară ca să se depășească 47,5 Hz, și deci ca releele să revină, este mai mare de 0,5 s.

Din această cauză, deși situația nu mai implică necesitatea acționării tranșei a II-a DASf, aceasta va acționa, conducînd la deconectarea a încă 40 MW din consumul combinatului.

În cazul unui deficit mai mare care ar implica necesitatea deconectării și a tranșei a II-a DASf, din același motiv, tranșa a III-a ar avea condiții de lucru, deci prin urmare s-ar deconecta întregul consum al combinatului.

Situația se poate remedia prin adoptarea unor reglaje adecvate, ca, de exemplu :

47,5 Hz cu 1 s — separarea de sistem
47,5 Hz cu 1,5 s / 47,2 Hz cu 0 s } tranșa I DASf — 60 MW
47,2 Hz cu 2 s / 47 Hz cu 0 s } tranșa II DASf — 40 MW
47 Hz cu 2 s / 46,7 Hz cu 1 s } tranșa III DASf — 40 MW
46,5 Hz cu 1 s — separare pe S.I.

Valorile reglajelor și temporizările adoptate sînt eficiente pentru orice alură a curbei de variație a frecvenței, dar acționarea corectă a tranșelor de DASf este condiționată de utilizarea unor relee calitativ superioare (de exemplu FCX —104).

Fiecare treaptă DASf dublează semnalele de declanșare ale treptelor anterioare, ca măsură de siguranță.

În vederea evitării unor acționări necorespunzătoare ale reglajului de viteză al mașinilor, poate fi necesară și introducerea unui releu care să controleze frecvența de revenire după acționarea tranșelor DASf. În cazul în care această frecvență se stabilizează sub o valoare dată (de exemplu 48,5 Hz), releul va semnaliza după o perioadă de timp funcționarea în acest regim, personalul de exploatare fiind alertat pentru a proceda în consecință pentru creșterea frecvenței. În figura 4 este redat modul de variație a mărimilor înregistrate pe durata regimului tranzitoriu.

Concluzii

Analiza schemelor electrice și termice aferente platformei energetice Rm. Vîlcea, precum și probele pe viu efectuate au scos în evidență necesitatea adoptării de către ansamblul producător-consumator a unor măsuri tehnice în vederea creșterii probabilității de reușită a insularizării platformei. Aceste măsuri sînt, evident, necesare și pentru celelalte platforme energetice. Ele sînt următoarele :

a) *La unitățile producătoare*

— desensibilizarea consumatorilor pe 0,4 kV la golurile de tensiune prin temporizarea la deschidere a contactoarelor corelată cu pauza de AAR ;

— corelarea caracteristicilor RAT și RAV ale grupurilor care se separă în paralel pe o bară comună. Este necesar să se acorde o atenție deosebită grupurilor care funcționează în paralel la tensiunea de producere ;

— să se acorde o atenție deosebită verificării elementelor care concură la creșterea probabilității de reușită a insularizării (instalația de separare de sistem, întrerupătoare, protecții și automatizări).

b) *La unitățile consumatoare*

— analiza și verificarea prin probe a protecțiilor electrice și tehnologice în vederea evitării unor declanșări neselective în regimul anterior separării de sistem, pe perioada tranzitorie și de funcționare de durată în regim insular ;

— desensibilizarea consumatorilor pe 0,4 kV la pauzele de tensiune prin înlocuirea contactoarelor existente cu întrerupătoare sau temporizarea la deschidere a acestor contactoare corelată cu pauza de AAR ;

— verificarea și menținerea în bune condiții a instalațiilor de DASf în vederea asigurării echilibrului între puterea produsă și cea consumată ;

— desensibilizarea protecțiilor AMC prin treaptă de timp corelată cu temporizarea instalațiilor de AAR ;

— asigurarea unor surse independente pentru tensiunea operativă a schemelor de AMC.

Probabilitatea de reușită a insularizării platformelor energetice este și funcție de nivelul de participare a consumatorului la rezolvarea problemei, în sensul cunoașterii comportării instalațiilor sale în regimuri dinamice. Astfel, prin stabilirea unor reglaje optime și prin realizarea în instalațiile proprii a măsurilor tehnice menționate, consumatorul va favoriza considerabil menținerea continuității în funcționare a proceselor sale tehnologice. În caz contrar, indiferent de eforturile producătorului de a-și perfecționa instalațiile, acțiunea de trecere la regimul de funcționare insulară a platformei energetice va fi ratată.

(Articol intrat în redacție în martie 1979)

Compensarea factorului de putere și atenuarea regimului deformant, acțiuni interdependente în sistemele energetice moderne

Prof. dr. ing. I. Iorcănescu*)

1. Aspecte generale

Una dintre problemele puse sistemelor electroenergetice odată cu dezvoltarea industriei o constituie consumul de putere și energie reactivă. Datorită specificului marii majorități a receptoarelor electrice din industrie, formată din motoare asincrone, și gradului redus de încărcare a acestora, rezultă un factor de putere natural practic pe toată perioada de funcționare sub 0,7. Pentru ridicarea acestuia la valoarea corespunzătoare factorului de putere neutral, 0,93—0,95, s-a adoptat ca măsură, care în marea majoritate a cazurilor a rezultat indicată din punct de vedere tehnico-economic, montarea bateriilor de condensatoare în întreprinderile industriale.

O altă problemă, care a luat mare amploare odată cu realizarea industriei moderne și continuă să se intensifice, o constituie regimul deformant, datorită, în principal, prezenței redresoarelor, cuptoarelor electrice cu arc etc., care în timpul funcționării produc armonici de ordin superior de tensiune sau în cele mai multe cazuri de curent, conducînd la deformarea undelor de tensiune și de curent. Gradul de deformare se exprimă prin coeficientul de distorsiune dat, de exemplu, pentru tensiune de expresia :

$$\delta_u\% = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=2}^{n} U_\nu^2}}{U_{ef}} \cdot 100 \qquad (1)$$

în care

ν reprezintă ordinul armonicii ;

U_{ef} — valoarea efectivă a undei deformate a tensiunii.

*) Institutul politehnic București, Catedra de rețele electrice.

Pentru atenuarea regimului deformant, respectiv pentru reducerea coeficientului de distorsiune pînă la valori stabilite prin anumite acte normative, măsura adoptată constă în instalarea unuia sau mai multor filtre rezonante pe frecvențele diferitelor armonici, în puncte cu surse de armonici mai puternice.

Din cele menționate s-ar putea considera că, de fapt, pentru fiecare dintre cele două probleme, prin măsura care se ia se poate realiza scopul urmărit, respectiv îmbunătățirea factorului de putere prin montarea bateriilor de condensatoare și atenuarea regimului deformant prin montarea filtrelor.

Între cele două probleme există însă o interdependență, atît în situația în care nu se iau măsurile menționate, cît mai ales dacă se iau, interdependență care, dacă nu este luată în considerare, poate avea consecințe defavorabile pentru anumite instalații, funcție de poziția reciprocă a nodurilor rețelei în care apare fiecare.

2. Influența reciprocă a problemelor privind factorul de putere și regimul deformant

Un rol important în manifestarea acestei influențe îl au :

— valoarea factorului de putere natural ;

— spectrul și mărimea armonicilor de curent și de tensiune ;

— puterile de scurtcircuit maximă și minimă în nodurile respective ;

— puterile preluate de consumatorii locali ;

— distanța electrică exprimată prin impedanța dintre nodurile rețelei în care există fiecare din cele două probleme ;

— dacă se ia vreo măsură și care anume.

a) *Nu se ia nici o măsură*

Influența care se manifestă în cazurile în care nu se iau măsuri de îmbunătățire a factorului de putere și de atenuare a regimului deformant constă în reducerea suplimentară a valorii factorului de putere, față de cea corespunzătoare regimului sinusoidal, calculată cu expresia :

$$\cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \qquad (2)$$

deoarece, datorită circulației curenților armonici și tensiunilor armonice care apar, pentru aceleași

puteri P și Q, intervenind și puterea deformantă D, expresia (2) devine :

$$f_p = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \qquad (3)$$

Rezultă deci că cu cît gradul de deformare al undelor de tensiune și curent este mai mare, ceea ce reprezintă o valoare mai mare a puterii deformante D, factorul de putere corespunzător, f_p, este mai mic.

b) *Se compensează factorul de putere*

Influența reciprocă a celor două fenomene se accentuează în cazurile în care, ambele fiind prezente în același nod al rețelei, deci la o distanță electrică foarte mică, fie nu se cunoaște această situație, fie se neglijează în mod conștient unul dintre ele, considerîndu-l puțin important, și se examinează, luîndu-se măsuri de ameliorare, numai celălalt.

O astfel de situație se datorește faptului că, în majoritatea cazurilor, dintre cele două probleme — a îmbunătățirii factorului de putere și a regimului deformant — prima este mai cunoscută, deoarece existența ei, pe de o parte, este mai ușor de constatat și, pe de altă parte, datorită sistemului de penalizări, care obligă pe consumatori să acorde prioritate examinării și luării de măsuri acolo unde acestea apar necesare. În privința regimului deformant în aceleași noduri, acesta poate fi lăsat pe un plan secundar din următoarele motive :

— din cauza necunoașterii problemei și a implicațiilor ei la nivelul sistemului energetic ;

— datorită faptului că prin specificul consumatorilor locali, pentru care se examinează compensarea factorului de putere, și a poziției nodului respectiv în sistemul energetic, se consideră că nu sînt condiții să existe armonici de curent și de tensiune ;

— din oscilografierea curbelor de tensiune și curent se cunoaște că există armonici de tensiune și curent, dar care sînt foarte mici și se consideră că nu constituie o problemă ;

— deși se cunoaște, ținînd seama de existența unor consumatori deformanți alimentați din același nod sau din noduri apropiate, și din oscilogramele realizate, că există armonici de curent și de tensiune importante, care pot necesita luarea unor măsuri, totuși în mod conștient se lasă să fie examinate și soluționate separat de cea a factorului de putere.

În toate aceste situații, pot să apară surprize după montarea bateriilor de condensatoare pentru compensarea factorului de putere, care să conducă, în primul rînd, la deteriorarea acestora.

O astfel de consecință, care poate apărea în urma montării bateriei de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere, se poate datora următoarelor cauze :

— intensificării regimului deformant ;

— rezonanței-serie pe frecvența unei armonici ;

— rezonanței-paralel pe frecvența unei armonici.

Astfel, intensificarea regimului deformant se datorește faptului că bateria de condensatoare, avînd capacitatea C, racordată la barele unei stații, funcționează în condițiile reale existente în punctul respectiv. Dacă i se aplică tensiunea nominală sinusoidală de frecvență industrială U_1, produce curentul nominal :

$$I_n = I_1 = U_1 C\omega \qquad (4)$$

În cazul în care tensiunea la bare conține și armonici superioare, acestea, aplicîndu-se bateriei, conduc la producerea de către aceasta, pe lîngă curentul fundamental I_1, și a curenților armonici I_ν, avînd frecvențe corespunzătoare armonicilor de tensiune aplicate U_ν, fiecare avînd valoarea :

$$I_\nu = U_\nu \cdot C\nu\omega \qquad (5)$$

În ipoteza că fiecare tensiune armonică prezentă reprezintă p % din fundamentală, ponderea fiecărei armonici de curent față de curentul nominal este :

$$\frac{I_\nu}{I_1} = \frac{p\,\% \cdot \nu}{100} \qquad (6)$$

Ținînd seama de spectrul armonicilor de tensiune prezente și de mărimea fiecăreia, gradul de deformare al curentului produs de baterie și, respectiv, valoarea efectivă a acestuia depășește valoarea efectivă corespunzătoare sinusoidei fundamentale. În cazul în care regimul deformant anterior instalării bateriei de condensatoare era redus, prin montarea bateriei el poate ajunge la limita admisibilă, iar dacă era aproape de limita admisă, datorită bateriei, rezultă valori inadmisibile pentru aceasta. În aceste situații, valoarea efectivă a curentului deformat produs de baterie, depășind valoarea curentului nominal, poate conduce la încălzirea inadmisibilă a bateriei și la deteriorarea acesteia.

Un alt fenomen care poate să apară în cazul montării unei baterii de condensatoare într-un nod de rețea pentru compensarea factorului de putere îl constituie rezonanța-serie pe frecvența unei armonici de curent care vine din rețea. Circuitul de rezonanță reprezentat în figura 1 *a* este format din reactanța sistemului determinată cu puterea de scurtcircuit în nod, conectată în serie cu reactanța capacitivă a bateriei. Condiția de rezonanță este :

$$L_s \nu\omega - \frac{1}{C\nu\omega} = 0, \qquad (7)$$

iar ordinul armonicii de rezonanță pentru care curentul crește foarte mult (teoretic $I_\nu \to \infty$) este :

$$\nu = \sqrt{\frac{1}{L_s C \omega^2}} = \sqrt{\frac{1}{x_s \cdot C\omega}} \qquad (8)$$

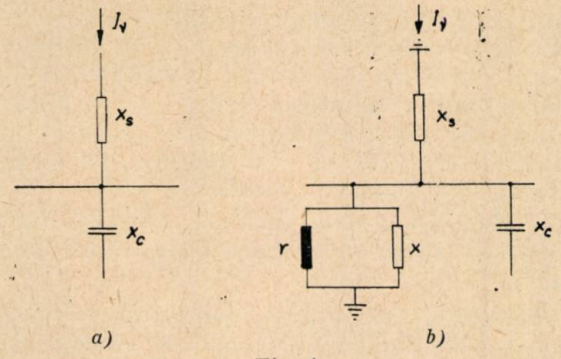


Fig. 1

În cazul în care la barele la care este racordată bateria de condensatoare sînt racordați și consumatori locali nedeformanți — situație frecvent întîlnită — pentru determinarea frecvenței de rezonanță se consideră și reactanța acestora x (fig. 1, *b*), expresia (8) devenind :

$$\nu = \sqrt{\frac{1}{x_e \cdot C\omega}}, \qquad (9)$$

în care

$$x_e = \frac{x_s \cdot x}{x_s + x}$$

Se constată că existența consumatorilor la bare conduce la creșterea frecvenței, respectiv a ordinului armonicii de rezonanță, ceea ce reprezintă o situație favorabilă.

Cealaltă situație de rezonanță, de tip paralel, apare îndeosebi în cazurile în care la barele la care este racordată bateria se aplică tensiuni armonice, $U\nu$, fie produse de consumatorii deformanți locali, fie reprezentînd căderi de tensiune datorită armonicilor de curent produse de consumatorii locali. În cazul rezonanței de tip paralel, reactanța rezultantă este (fig. 2 *a*) :

$$x_{rez} = \frac{x_s \cdot x_c}{x_s + x_c}, \qquad (10)$$

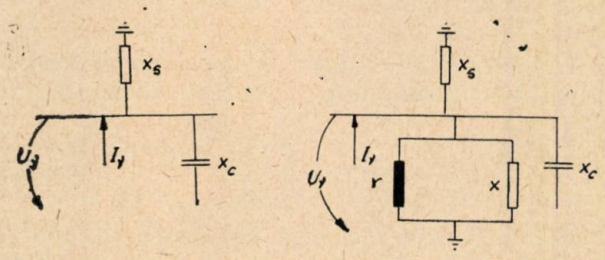


Fig. 2

de unde rezultă că, dacă $x_s + x_c = 0$, atunci $x_{rez} = \infty$, adică apar supratensiuni de rezonanță pe o armonică al cărui ordin se determină cu expresii similare cu (8) și (9), funcție de situația existentă în nod.

Rezultă deci că ordinul armonicii, respectiv frecvența de rezonanță pentru ambele cazuri — serie și paralel — este același, pentru care deci poate să apară fie curent foarte mare, fie supratensiuni, ambele conducînd la deteriorarea bateriei de condensatoare.

La stabilirea puterii nominale a bateriei de condensatoare instalată pentru compensarea factorului de putere într-un anumit nod, este indicat să se aibă în vedere ca frecvența de rezonanță să fie cît mai mare, corespunzînd unui ordin cît mai ridicat de armonică și să nu coincidă cu armonici care apar în curbele de tensiune și de curent, îndeosebi cele impare. Este de asemenea necesar ca frecvența de rezonanță să se calculeze ținînd seama de variația puterii de scurtcircuit în nod, de la valoarea maximă pînă la cea minimă, pentru a se putea constata dacă între cele două valori limită ale frecvenței de rezonanță nu este cuprinsă și cea a unei armonici existente, care, atunci cînd se realizează condițiile necesare, să conducă la apariția fenomenelor de rezonanță.

c) *Se atenuează regimul deformant*

În ceea ce privește regimul deformant, problemă care atrage din ce în ce mai mult atenția, datorită creșterii numărului surselor de armonici în sistemul energetic, acesta apare în majoritatea cazurilor în același nod în care este necesar să se instaleze și baterii de condensatoare pentru compensarea factorului de putere sau în apropiere de acesta. Măsura luată pentru reducerea coeficientului de distorsiune, așa cum s-a menționat, constă în instalarea în nodul respectiv, funcție de spectrul și de valorile diferitelor armonici, a unor filtre rezonante pe frecvențele celor mai mari armonici.

Fiecare filtru constituit dintr-o baterie de condensatoare conectate în serie cu o bobină de reactanță, datorită impedanței nule pe care o are pentru frecvența de rezonanță, reprezintă un scurtcircuit în punctul respectiv pe această frecvență. Efectul realizării unui astfel de scurtcircuit constă în reținerea curentului corespunzător frecvenței de rezonanță produs de sursele locale, precum și a curenților armonici cu aceeași frecvență care circulă spre filtrul respectiv din alte noduri ale sistemului.

Aportul sistemului depinde de faptul dacă s-au luat sau nu, în nodurile respective, măsuri pentru reținerea curenților armonici. Neconsiderarea acestui aport din sistem la dimensionarea filtrelor în orice nod conduce la supraîncărcarea acestora și în scurt timp, funcție de gradul de supraîncărcare, la deteriorarea lor.

După cum se cunoaşte, expresia matematică pe care o satisface un filtru rezonant pe o armonică de ordinul ν este :

$$L\nu\omega - \frac{1}{C\nu\omega} = 0 \qquad (11)$$

Ceea ce s-a examinat însă mai puţin pînă în prezent este comportarea filtrului respectiv pentru alte armonici, de alt ordin, diferit de cel pentru care este rezonant, inclusiv pentru fundamentală. Astfel, considerînd ordinul unei armonici $\nu_1 \neq \nu$, din expresia (11) se obţine relaţia :

$$L\,\omega\left(\nu_1 - \frac{\nu^2}{\nu_1}\right), \qquad (12)$$

al cărei semn arată cum se comportă filtrul. Astfel, dacă $\nu_1 < \nu$, semnul expresiei este negativ, iar dacă $\nu_1 > \nu$ semnul este pozitiv. Consecinţa acestei situaţii constă în faptul că, pentru armonici de ordin inferior celei de rezonanţă, filtrul se comportă ca o capacitate, debitînd curent corespunzător armonicilor respective ($\nu_1 < \nu$) şi amplifică deci aceste armonici, iar pentru armonici de ordin superior celei de rezonanţă, filtrul se comportă ca o bobină, absorbind curent corespunzător armonicii $\nu_1 > \nu$.

Considerînd $\nu_1 = 1$, pentru a examina comportarea filtrului rezonant pe ν pentru fundamentală, se constată că acest caz intrînd în general în categoria $\nu_1 < \nu$, filtrul se comportă ca o capacitate şi produce energie reactivă. Deci se poate afirma că efectul pe fundamentală al oricărui filtru constă în ridicarea valorii factorului de putere la barele la care se montează.

Este deci necesar ca, în cazul instalării unor filtre într-un nod pentru atenuarea regimului deformant, să se cunoască şi măsurile luate pentru îmbunătăţirea factorului de putere în scopul evitării îndeosebi a supracompensărilor, care pot conduce la creşterea tensiunii la barele consumatorilor peste valorile admise şi la creşterea pierderilor de putere şi de energie în reţelele din amonte.

Dintr-o examinare mai detaliată a comportării filtrelor pentru armonicile $\nu_1 \neq \nu$, pot rezulta măsurile raţionale care sînt indicate să fie luate pentru a obţine o eficienţă maximă a filtrelor instalate. Astfel, dacă în urma efectuării unor măsurători se constată într-un anumit nod prezenţa mai multor armonici de curent, de exemplu 5, 7, 11, 13, măsura care apare ca mai indicată, la prima vedere, este instalarea a cîte unui filtru pentru fiecare armonică. În acest caz însă, ţinînd seama de faptul că un filtru rezonant pe armonica de ordinul ν se comportă ca o bobină, absorbind curenţi armonici de ordin superior, $\nu_1 > \nu$, este indicat ca instalarea filtrelor să se facă începînd cu armonica de ordinul cel mai mic (5, din exemplul luat). Apoi se verifică în ce măsură sînt absorbiţi curenţii armonici de ordin mai mare, precum şi coeficientul de distorsiune care rezultă, şi, numai în situaţia în care curenţii armonici nereţinuţi au încă valori care pot crea dificultăţi, se mai instalează un filtru pentru armonica de curent care are valoarea cea mai mare; indicat ar fi pentru ordinul imediat următor filtrului instalat anterior (7, din exemplul luat). O nouă verificare poate confirma eficienţa măsurii luate.

În acelaşi timp este necesar să se verifice şi efectul filtrului sau fitrelor instalate asupra fundamentalei, respectiv asupra factorului de putere, pentru a evita situaţiile defavorabile, mai ales în cazul în care factorul de putere natural are valoare ridicată.

d) *Măsură comună pentru compensarea factorului de putere şi atenuarea regimului deformant*

Continuînd examinarea comportării filtrelor pentru fundamentală, se consideră situaţia care apare destul de frecvent în cadrul platformelor industriale, şi anume atît necesitatea compensării factorului de putere pînă la valoarea neutrală, precum şi atenuarea regimului deformant. Întrucît, aşa cum rezultă din analiza de mai sus, bateriile de condensatoare care se montează pentru îmbunătăţrea factorului de putere amplifică fenomenul deformant, pe de o parte, şi pe de altă parte filtrele montate pentru reţinerea curenţilor armonici aduc un aport suplimentar la ridicarea factorului de putere, este necesar ca în aceste cazuri să se coreleze rezolvarea celor două probleme. Această corelare devine obligatorie îndeosebi atunci cînd montarea ambelor categorii de instalaţii urmează să se facă la aceeaşi secţie de bare. Un prim aspect al acestei corelări constă în utilizarea unei singure instalaţii atît pentru compensarea factorului de putere, cît şi pentru atenuarea regimului deformant. Această instalaţie este propriu-zis un filtru a cărui capacitate se dimensionează avîndu-se în vedere ridicarea valorii factorului de putere pînă la cea dorită sau neutrală, iar caracteristicile bobinei care se montează în serie se stabilesc ţinînd seama de valoarea capacităţii şi de frecvenţa armonicii pentru care se realizează rezonanţa. Astfel, dacă este necesară o putere a bateriei de condensatoare Q_B pentru o anumită tensiune nominală U_n, capacitatea C a bateriei montată în triunghi este :

$$Q_B = 3U_n^2\, C\omega \Rightarrow C = \frac{Q_B}{3\,U_n^2\,\omega} \qquad (13)$$

Valoarea inductanţei L pentru realizarea unui filtru rezonant pe armonica de ordinul ν este :

$$L = \frac{3\,U_n^2}{\nu^2\,\omega Q_B} \qquad (14)$$

Pentru a evita ca acest filtru să se comporte ca o capacitate pentru unele armonici prezente la bare, respectiv pentru cele care au un ordin

mai mic decît cea de rezonanță, amplificîndu-le, este indicat ca acesta să fie realizat pentru armonica de ordinul cel mai mic, care, în general, are și cea mai mare valoare.

În cazurile în care problema regimului deformant și cea a compensării factorului de putere apar la secții sau sisteme diferite de bare, care pot avea aceeași tensiune nominală sau cu tensiuni nominale diferite, rezolvarea corelată a acestora este de asemenea necesară. Funcție de configurația schemei respective și de necesitățile de compensare și de atenuare a regimului deformant, se pot examina soluții cu una sau mai multe baterii-filtre pentru aceeași armonică sau mai multe armonici, ținînd seama de comportarea acestora examinată anterior.

3. Calcule efectuate și rezultate obținute

Pentru efectuarea calculelor s-a considerat schema din figura 3, în care, pe o secție de bare de 6 kV, la care $S_{sc} = 200$ MVA, a unei stații de 110/6 kV, sînt racordați consumatori deformanți C_1 și nedeformanți C_2, avînd caracteristicile indicate în schemă.

Din calculele efectuate a rezultat:

a) *În cazul în care nu se ia nici o măsură*

— coeficientul de distorsiune al undei de curent pentru consumatorii deformanți: $\delta_{I\,def} = 12\%$;

— coeficientul de distorsiune al curentului transformatorului pe partea secundară (6 kV): $\delta_{I\,tr} = 3\%$;

— coeficientul de distorsiune al tensiunii la barele de 6 kV: $\delta_{U6} = 2\%$;

— coeficientul de distorsiune al tensiunii la 110 kV: $\delta_{U110} = 4{,}7 \cdot 10^{-4}\%$.

Din calcule rezultă valori admisibile ale coeficienților de distorsiune. ($\delta_{U\,admisibil} = 5\%$).

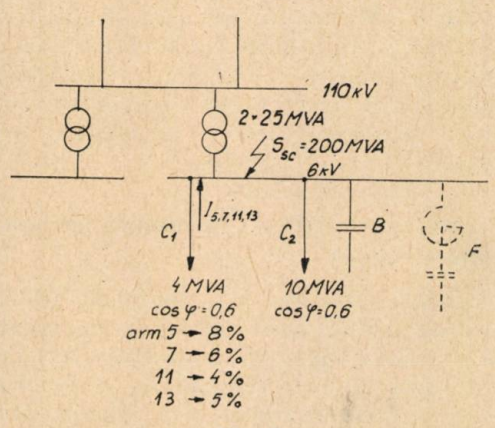


Fig. 3

b) *Se montează o baterie de condensatoare B la barele de 6 kV, avînd $Q_B = 7{,}2$ MVAR, cu care se obține cos $\varphi = 0{,}9$*

Din calcule rezultă:

— coeficientul de distorsiune al curentului produs de baterie: $\delta_{I\,B} = 20\%$;

— coeficientul de distorsiune al tensiunii la barele de 6 kV: $\delta_{U6} = 10\%$;

— coeficientul de distorsiune al tensiunii la 110 kV: $\delta_{U110} = 1\%$;

— frecvența de rezonanță: $f_{rez} = 415$ Hz, corespunzînd aproximativ armonicii 8.

Valorile obținute pentru coeficienții de distorsiune ai tensiunii au crescut, cel de la 6 kV devenind inadmisibil.

c) *Se ia o măsură comună, realizînd cu bateria avînd $Q_B = 7{,}2$ MVAR un filtru pentru armonica 5.* Se obține:

— coeficientul de distorsiune pentru curentul filtrului: $\delta_{I\,F} = 8\%$;

— coeficientul de distorsiune al tensiunii la barele de 6 kV: $\delta_{U6} = 0{,}83\%$.

Se constată că, montînd filtrul numai pentru armonica 5, gradul de distorsiune se reduce foarte mult, obținîndu-se valori admisibile.

d) *Dacă se montează două filtre*: unul pentru armonica 5 cu o putere de 4 MVAR și altul pentru armonica 7 de 3,2 MVAR, se obține o reducere nesemnificativă a coeficientului de distorsiune al tensiunii la 6 kV, de la 0,83% la 0,63%. Rezultă deci că montarea filtrului și pentru armonica 7 nu este necesară.

Concluzii

— Întrucît numărul consumatorilor deformanți în sistem este mare, datorită dezvoltării industriei moderne, unor consumatori de uz casnic și chiar unor elemente componente ale sistemului energetic, fenomenul deformant este extins în prezent la nivelul întregului sistem energetic. Din această cauză este necesar ca în toate nodurile mai importante să se efectueze sistematic oscilografieri ale undelor de curent și tensiune pentru a se cunoaște spectrul și valorile diferitelor armonici.

— La întocmirea studiilor pentru compensarea factorului de putere în astfel de noduri, și îndeosebi pentru întreprinderile industriale, care au și consumatori deformanți, este necesar să existe informații privind regimul deformant, pentru a fi avute în vedere la stabilirea măsurilor ce se vor propune.

— În toate cazurile în care rezultă necesare măsuri pentru compensarea factorului de putere și pentru atenuarea regimului deformant, acestea trebuie corelate prin realizarea de filtre care să rezolve ambele probleme.

Bibliografie

[1] Iordănescu, I. și Iacobescu, G. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor.* Editura didactică și pedagogică, București, 1979.

[2] Becker, H. ș. a. *Grundlagen zur Beurteilung von Oberschwingungsrückwirkungen in Versorgungsnetzen.* În: ETZ—A, 98, nr. 5, 1979.

[3] Schmidt, H. *Netzrückwirkungen in einem Industrienetz mit einem hohen Anteil an Stromrichterleistung.* În: ETZ—A, 98, nr. 5, 1977.

(Articol intrat în redacție la 25 martie 1980)

Aspecte privind regimurile tranzitorii care se produc la comutarea bateriilor de condensatoare

ing. **Andrei Bratu**
și ing. **Radu Enache***)

În ultimii ani, în sistemul energetic național au început să fie utilizate mijloace pentru compensarea puterii reactive la consumator, cu scopul de a reduce valorile puterilor reactive transportate prin liniile de înaltă tensiune și de a îmbunătăți astfel modul de utilizare a capacității de transport a acestora.

Utilizarea bateriilor de condensatoare, ca ca mijloc de compensare a puterii reactive la consumator, permite și îmbunătățirea regimului de tensiune din stațiile de alimentare a consumatorilor, iar printr-o corelare cu cerințele de putere reactivă din rețeaua de distribuție, reglarea nivelului de tensiune.

Problemele care se pun în legătură cu bateriile de condensatoare se referă la solicitările produse de regimurile de exploatare normale : conectarea și deconectarea bateriilor de condensatoare, efectul regimurilor deformante, funcționarea în rețelele compensate din punct de vedere al curentului de punere la pămînt în timpul unei puneri la pămînt. Articolul de față se referă la fenomenele care se produc la comutația bateriilor de condensatoare.

1. Utilizarea bateriilor de condensatoare în sistemul energetic al R.S.R.

În sistemul energetic național, bateriile de condensatoare se utilizează la compensarea puterii reactive în rețelele de distribuție de medie tensiune de 6, 10 și 20 kV. Dinamica instalării bateriilor de condensatoare și puterea reactivă de compensat pentru perioada 1976 — 1980 sînt prezentate în tabelul 1. Rata de creștere anuală a puterii compensate de baterii este de circa 200 MVar/an, pînă în 1980 numărul stațiilor de 110 kV/MT echipate cu baterii de condensatoare urmînd să fie de circa 270.

Din 1976, proiectarea, montajul și întreținerea bateriilor de condensatoare se realizează conform instrucțiunii elaborate de SCP —CIRE [1], referitoare la utilizarea bateriilor ISOKOND.

Tabelul 1

Anul	1976	1977	1978	1979	1980	Total
Puterea reactivă instalată în baterii	120	325	255	320	340	1360

*) Autorii sînt cercetători științifici la ICEMENERG.

În instalațiile electroenergetice există pînă în prezent următoarele tipuri de condensatoare :

— KC — 21 — 05 — 60 — 2Y1 și KC2 — 6,3 — 75 — 2Y1 fabricație U.R.S.S. ;
— NOKIA — 10,5 — 167 fabricație Finlanda ;
— LKCF — 2E — 3,64 — 100, LKCF — 2E — 6,3 — 100 ISOKOND, fabricație R.D.G.

Actualmente elementele de baterie formate din condensatoare ISOKOND sînt cele mai răspîndite. În legătură cu utilizarea acestor tipuri de condensatoare trebuie făcute următoarele precizări legate de regimul de funcționare de durată.

Elementele de condensatoare ISOKOND sînt construite și trebuie utilizate în conformitate cu prevederile TGL 200 —8264. Norma prevede restricții cu privire la solicitările admisibile de tensiune, și anume :

— pentru comutarea elementelor de condensatoare sau a bateriilor trebuie utilizate întrerupătoare care funcționează fără reaprinderi și fără reamorsări ;

— în exploatarea de durată condensatoarele suportă „tensiunea superioară de serviciu" egală cu 1,1 ori tensiunea nominală (valoare efectivă) ;

— valoarea „tensiunii nominale" se utilizează pentru stabilirea valorii „tensiunii superioare de serviciu" ;

— se definește valoarea „tensiunii de izolare", utilizată numai pentru precizarea valorilor tensiunilor de încercare la frecvență industrială și la impuls de tensiune de trăsnet.

În conformitate cu prevederile normei de mai sus, pentru bateriile formate din condensatoare de tipul ISOKOND rezultă condițiile de utilizare și încercare din tabelul 2.

Se constată că pentru bateriile de condensatoare de 6 kV, tensiunea maximă admisă este de numai 6,9 kV, față de 7,2 kV tensiunea maximă admisă în instalații de 6 kV. La bateriile de condensatoare pentru 10, respectiv 20 kV, datorită condensatoarelor, nu apare această limitare.

2. Fenomene tranzitorii la comutarea bateriilor de condensatoare

Solicitările produse de fenomenele tranzitorii ce însoțesc comutarea bateriilor de condensatoare se pot analiza sub aspectul efectelor produse asupra izolației rețelei de alimentare, a bateriei de condensatoare și a întrerupătorului cu care se realizează comutarea.

Aspectul problemei diferă, după cum se comută o baterie simplă sau multiplă.

Fenomenele care se produc la conectarea unei baterii simple sau a unei trepte pot fi caracterizate prin apariția unor curenți de șoc cu alură similară curenților de scurtcircuit, a

Tabelul 2

Tensiunea nominală a instalației (kV)	6	10	20
LKCF	100/3,64 E	100/6,3 E	2×100/6,3 E
Tensiunea nominală a condensatorului U_n(kV)	3,64	6,3	6,3
Tensiunea superioară de serviciu 1,1 U_n(kV)	4,0	6,93	6,93 13,86
Tensiunea de izolare (kV)	7,2	12,0	12,0 24,0
Tensiunea de încercare 50 Hz (kV) ITT (kV)	22,0 60,0	28,0 75,0	28,0 56,0 75,0 150,0
Tensiunea maximă admisibilă d.p.d.v. al bateriei (kV)	6,93	12,0	24,0
Tensiunea maximă admisibilă de funcționare a rețelei (kV)	7,2	12,0	24,0

căror amplitudine și durată sînt funcție de puterea bateriei, inductanța, frecvența proprie a rețelei de alimentare și valoarea tensiunii rețelei. Șocurile de curent pot atinge valori maxime, la închideri, care se realizează la trecerea tensiunii de alimentare prin maxim.

Supratensiunile care însoțesc comutația pot atinge valori maxime de ordinul a de 2 ori tensiunea rețelei.

La deconectarea bateriei de condensatoare problema esențială constă în utilizarea întrerupătoarelor fără reamorsări, la care fenomenul tranzitoriu ce însoțește deconectarea îl reprezintă descărcarea bateriei pe impedanța care rămîne conectată la bornele ei.

Solicitările în acest caz sînt minime. Cu totul altfel se prezintă situația pentru cazul funcționării întrerupătoarelor cu reamorsări, care pot produce solicitări periculoase prin curenții de șoc ce se produc la reamorsări și prin supratensiunile ce însoțesc aceste fenomene.

Din punct de vedere fenomenologic, regimurile tranzitorii care se petrec la comutarea bateriei de condensatoare se prezintă astfel:

a) *Conectarea bateriei de condensatoare*

La punerea sub tensiune se produce un fenomen tranzitoriu care corespunde încărcării bateriei de condensatoare de la rețea. Asupra rețelei, acest proces cu caracter oscilant are ca efect un curent de șoc a cărui amplitudine este cu atît mai mare, cu cît frecvența oscilațiilor baterie-rețea este mai mare. Din punctul de vedere al tensiunii, încărcarea bateriei determină în rețeaua de alimentare o undă de impuls a cărei pantă este funcție de caracteristicile rețelei, dar amplitudinea supratensiunii nu depășește dublul valorii de vîrf a tensiunii de regim permanent.

Fenomenul tranzitoriu se prezintă diferit dacă este vorba despre o baterie multiplă care are conectată o treaptă și la care se mai conectează încă una. În aceste condiții, peste fenomenul tranzitoriu descris anterior se suprapune un al doilea, produs de oscilațiile ce iau naștere prin descărcarea treptei sub tensiune, pe treapta conectată. Solicitarea rezultantă reprezintă un curent de șoc de valoare foarte mare.

Din punct de vedere al efectelor conectării asupra bateriei de condensatoare, supratensiunea maximă poate avea aceeași valoare ca și cea din rețea, adică dublul valorii de vîrf a tensiunii de regim, iar șocul de curent în cazul unei baterii simple este funcție de puterea de scurtcircuit a rețelei.

Pentru bateria multiplă se produc valori foarte ridicate ale curentului de șoc, valoarea maximă rezultînd la conectarea ultimei trepte.

Valoarea șocului de curent poate fi limitată prin înserierea unei inductanțe între bara de alimentare și secțiunea de baterie. Pentru întrerupătoare, solicitările provocate de șocurile de curent de la comutarea bateriei, în special cele de la comutarea ultimei trepte, în cazul bateriilor în trepte multiple, reprezintă solicitări asemănătoare celor produse de curenții de scurtcircuit și pot avea ca efecte o îmbătrînire în timp scurt a camerei de stingere. Ca urmare, chiar în cazul efectuării la timp a reviziilor, în funcție de numărul scurtcircuitelor deconectate, pot să apară defecțiuni ale camerelor de stingere provocate de șocurile de curent în cazul comutării frecvente a treptelor de baterie [2].

b) *Deconectarea bateriei de condensatoare*

În cazul deconectării bateriei de condensatoare fără producere de reamorsări, în întrerupător nu iau naștere supratensiuni, iar regimul tranzitoriu nu este modificat de prezența unei alte baterii de condensatoare sub tensiune pe bare.

Deconectarea însoțită de reamorsări, în cazul unei baterii simple, produce în momentul reamorsării șocuri de curent și supratensiuni asemănătoare cu cele de la conectare, cu deosebirea că valoarea supratensiunilor și a șocurilor de curent este mai ridicată și crește cu numărul reamorsărilor. Fenomenul reamorsărilor este cu atît mai periculos din punct de vedere al so-

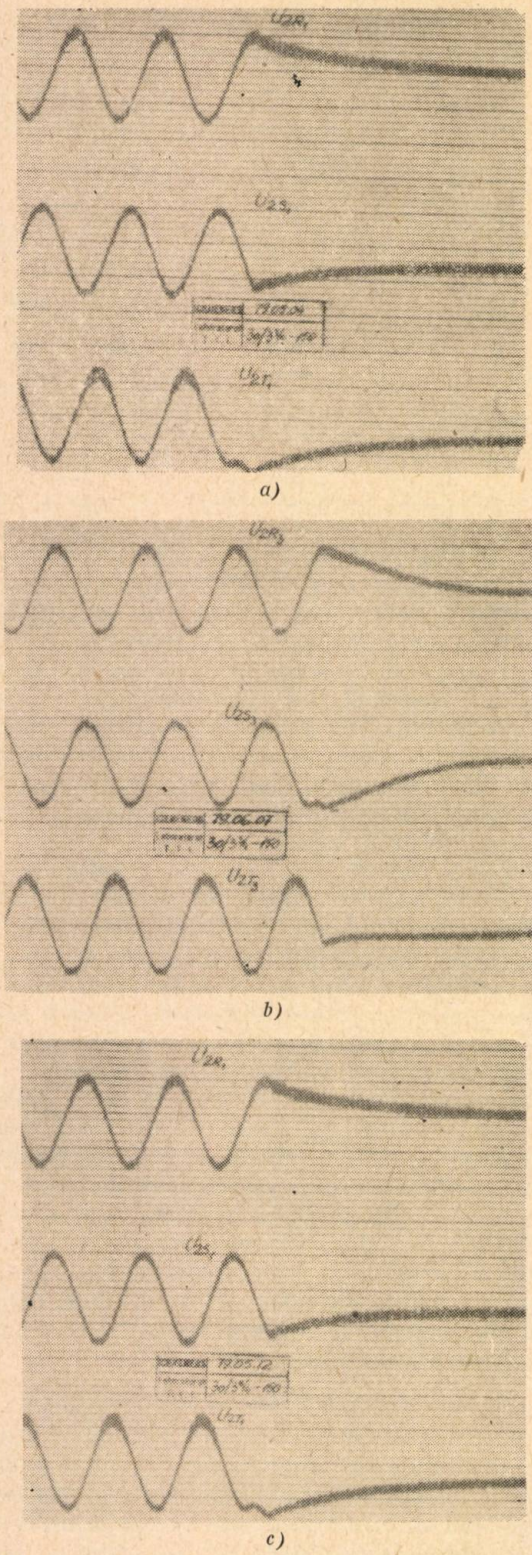


Fig. 1. Oscilograme de deconectare :

a — prima treaptă a bateriei, 2×2,4 MVar, 10kV, Cluj ;
b — a treia treaptă a nateriei, 3×2,4 MVar, 20 kV, Bistrița ;
c — prima treaptă a bateriei, 2×2,4 MVar, 10kV, Cluj, al treilea ciclu de comutație.

licitărilor pentru baterie și pentru întrerupător cînd se produce la deconectarea unei trepte dintr-o baterie multiplă, datorită frecvențelor foarte ridicate și valorilor șocurilor de curent foarte mari.

3. Determinarea solicitărilor prin probe directe în rețea

Pentru determinarea supratensiunilor produse în timpul regimurilor tranzitorii la comutarea bateriilor de condensatoare, s-au efectuat probe directe în rețele de 6, 10 și 20 kV, prin comutarea de baterii simple și multiple cu elemente de condensatoare ISOKOND.

În figura 2 sînt prezentate schemele de principiu de înregistrare a mărimilor de la transformatoarele de măsură din stație și a mărimilor obținute de la divizoarele de tensiune instalate pentru probe.

Pentru înregistrarea tensiunilor tranzitorii s-au utilizat divizoare de tensiune ohmic-capacitive, cu constantă de timp de 60 ms și divizoare capacitive de tensiune. Înregistrarea tensiunilor tranzitorii s-a realizat pe înregis-

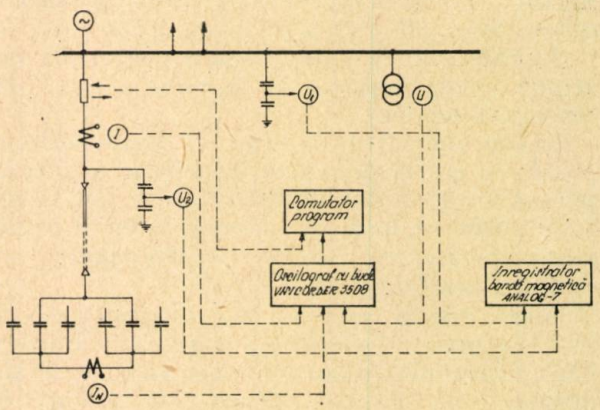


Fig. 2. Schemă de principiu utilizată pentru realizarea înregistrărilor.

tratoare cu bandă magnetică care permit înregistrarea fenomenelor în banda 0—10 kHz.

Coeficienții de supratensiune fază-pămînt s-au determinat ca raportul dintre valoarea de vîrf a supratensiunii fază-pămînt și valoarea de vîrf a tensiunii în regim stabilizat înainte sau după comutație, după cum aceasta a fost o deconectare, respectiv o conectare.

Pentru curenții de șoc, coeficienții s-au determinat prin raportarea valorii de vîrf a curentului de șoc la valoarea de vîrf a curentului stabilizat după punerea sub tensiune. În tabelul 3 se prezintă seriile de măsurători efectuate în instalațiile din sistem, iar în tabelul 4 se indică valorile maxime ale coeficienților de supratensiune și de șoc din măsurătorile efectuate. Valorile coeficienților de supratensiune sînt determinate la bornele bateriei. Supratensiunile la barele de alimentare au avut valori foarte mici.

Examinînd tabelele 3 și 4, se constată că în regim normal de funcționare supratensiunile

Tabelul 3

Tensiunea nominală (kV)	Seria de măsurători de la	Putere baterie (MVar)	Comutații efectuate	Nr. de cicluri complete
			regim normal	punere la pămînt
6	Ploiești—Est	2×3	$A_1A_2D_2D_1/2$	$A_1A_2D_2D_1/4$
6	Scăieni—Prahova	1×3	$AD/3$	$AD/4$
10	Cluj	2×2,4	$A_1A_2D_2D_1/4$	—
20	Bistrița	3×2,4	$A_2A_3D_3D_2/2$	$A_2A_3D_3D_2/2$

A — anclanșare baterie (treaptă); D — declanșare baterie (treaptă).

Avînd în vedere cele menționate mai sus, valorile coeficienților de șoc determinate sînt afectate de erori și au un caracter informativ.

Valoarea curentului de punere la pămînt a fost de circa 50 A la probele efectuate în instalațiile de 6 kV și de circa 230 A la cele din instalațiile de 20 kV.

Valorile coeficienților de supratensiune tranzitorie la conectarea și deconectarea punerii la pămînt au fost mai mici de 2,0 în toate cazurile înregistrate.

Deși nu s-a efectuat analiza armonică a tensiunilor din stațiile unde s-au efectuat probele,

Tabelul 4

Nr. crt.	Seria de măsurători de la		Coeficientul maxim de supratensiune la		Coeficientul de curenți de șoc maxim la	
			conectare	deconectare	conectare	deconectare
1	Ploiești—Est	r. normal	1,20	1,28	7.24	—
		p.p.	1,99	1,73	7,84	—
2	Scăieni—Prahova	r. normal	1,46	1,70	7,54	—
		p.p.	2,20	1,73	5,74	—
3	Cluj		1,40	1,22	4,43	—
4	Bistrița	r. normal	1,27	1,18	—	—
		p.p.	2,00	2,04	—	—

la conectarea bateriei de condensatoare au valori reduse, care nu reprezintă solicitări periculoase pentru izolația bateriei. Dacă se adaugă și faptul că pe bara de alimentare practic nu există supratensiuni, rezultă că efectuarea conectării bateriei de condensatoare nu creează probleme pentru izolația proprie și a instalațiilor de alimentare.

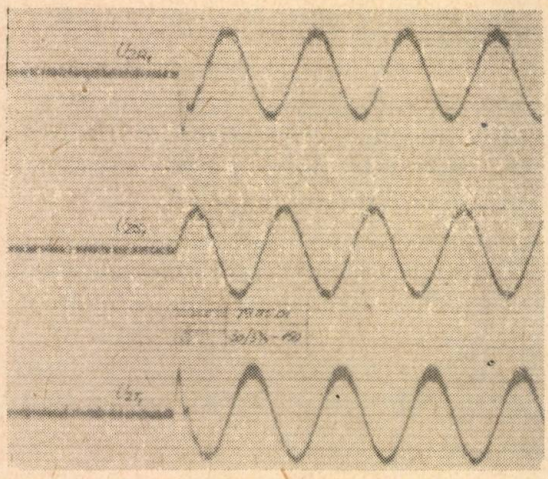
Deconectarea bateriilor de 6, 10 și 20 kV în regim normal de funcționare s-a realizat fără reamorsări și fără supratensiuni de nivel ridicat. S-au înregistrat două reaprinderi scurte, care însă nu au avut ca efect producerea de supratensiuni. De asemenea, în regimul de deconectare cu punere la pămînt, nu s-au produs supratensiuni tranzitorii ridicate, acestea depășind puțin creșterile de tensiune de regim permanent create de nesimetria tensiunilor de alimentare.

Relativ la valorile de șoc ale curenților, la conectarea bateriei simple sau multiple, înregistrarea acestora s-a făcut prin intermediul transformatoarelor de curent din exploatarea normală a stației. Din acest motiv, la șocurile de curent cu un front deosebit de abrupt și de amplitudine foarte mare, rezultate la conectare, sînt posibile erori de măsură datorită saturării transformatoarelor de măsură și efectului pelicular în circuitele de măsură și în șunturi. alura curbelor înregistrate permite să se afirme că ponderea frecvențelor armonice este, în cazurile studiate, foarte redusă.

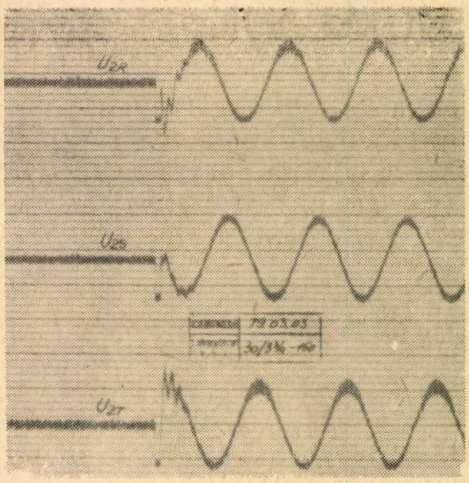
În legătură cu timpul de descărcare a bateriilor, se constată că acesta a variat între 40 — 50 ms și circa 600 ms.

În privința utilizării schemelor de AAR, la bare la care sînt conectate baterii de condensatoare, trebuie menționat că este necesar să se evite conectarea alimentării de rezervă înainte de descărcarea bateriei, în pauza de AAR. Acest deziderat rezultă din necesitatea de a nu se aplica tensiune de polaritate opusă celei cu care bateria este încă încărcată după deconectarea sursei. Întrucît procesul de descărcare a bateriei de condensatoare este diferit în cazul deconectării bateriei, de cazul deconectării sursei de la o bară la care este comutată bateria de condensatoare împreună cu consumatori (în funcție de natura consumatorilor), este greu de apreciat în general timpul de descărcare a bateriei în acest din urmă caz.

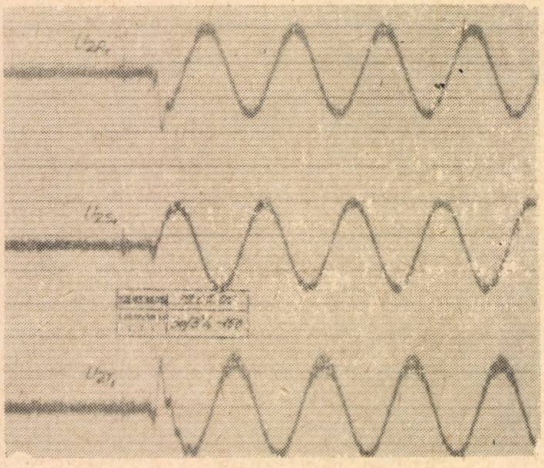
Ca urmare, pentru schemele utilizînd AAR este preferabil ca în pauza AAR să fie deconectată bateria de condensatoare, ca reconectarea ei să se realizeze după comutarea alimentării de rezervă.



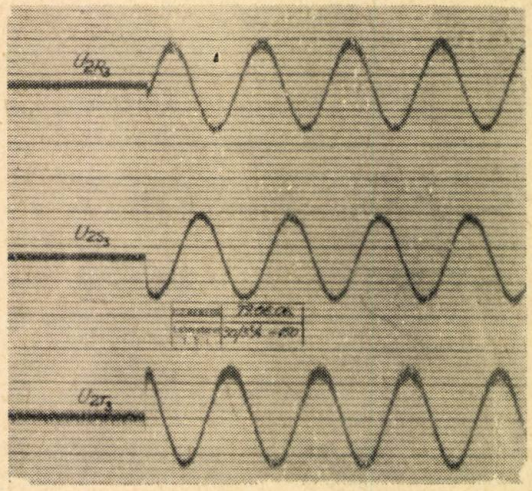
a)



b)



c)



d)

Fig. 3. Oscilograme de conectare :

a – prima treaptă a bateriei, 2×2,4 MVar, 10 kV, Cluj ;
b – baterie simplă, 3 MVar, 6kV, Scăieni–Prahova ;
c – prima treaptă a bateriei, 2×2,4 MVar, 10 kV, Cluj, al doilea ciclu de comutație ;
d – a treia treaptă a bateriei, 3×2,4 MVar, 20 kV, Bistrița ;

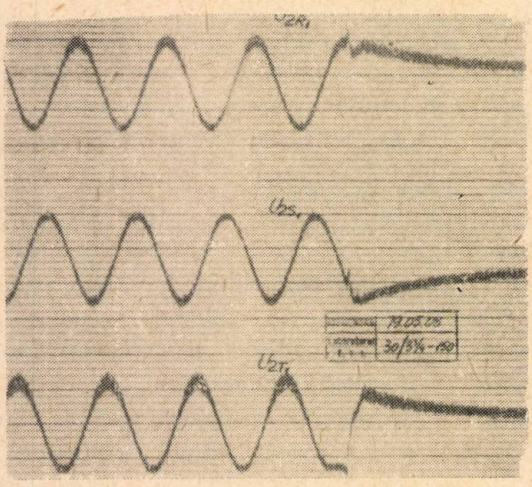


Fig. 4. Oscilogramă de deconectare a primei trepte a bateriei 2×2,4 MVar, 10 kV, Cluj, cu reaprindere pe faza T.

Concluzii

1. La comutațiile realizate în regimurile de funcționare normală și la cele în regim de alimentare cu punere la pămînt pe bare, valoarea maximă a coeficientului de supratensiune tranzitorie a fost de 2,2. Întrerupătoarele au funcționat fără reaprinderi și reamorsări la deconectarea bateriilor de condensatoare. Atît întrerupătoarele cît și elementele componente ale bateriilor de condensatoare cu care s-au efectuat probele sînt reprezentative pentru instalațiile actuale utilizate pentru compensarea puterii reactive.

2. Avînd în vedere modul de funcționare a întrerupătoarelor și nivelul redus al solicitărilor produse de supratensiuni, utilizarea schemelor de conectare automată nu este însoțită de regimuri de solicitări periculoase de supra-

tensiuni, dar trebuie corelată cu menținerea nivelului de tensiune sub limitele maxime admise.

Totodată trebuie evitate regimurile de comutare prea frecvente a treptelor de baterie, pentru a nu supune întrerupătorul și elementele din baterie unor șocuri de curent prea dese.

3. Din analiza condițiilor de funcționare în regim normal pentru bateriile de 6 kV cu elemente ISOKOND LKCF 100/3,64 E, rezultă necesară limitarea tensiunii maxime de durată la valoarea de 6,9 kV, mai mică decît cea admisă pentru restul echipamentului, de 7,2 kV. Pentru baterii de 10,20 kV cu elemente ISOKOND, valorile tensiunilor maxime admise pe durată nelimitată coincid cu valorile admise pentru restul echipamentului, respectiv de 12 și 24 kV. Depășirea valorii tensiunii maxime de durată poate avea consecințe asupra duratei de viață a elementelor componente ale bateriei. Din acest motiv este necesar ca în exploatare să se acorde o atenție deosebită supravegherii tensiunii maxime de durată la care este supusă bateria, astfel ca valorile maxime ale acesteia să se încadreze în cele admisibile.

4. Pentru a evita aplicarea pe baterie a unei tensiuni de polaritate opusă în cazul funcționării AAR, este recomandabil ca anclanșarea sursei de rezervă să se facă după deconectarea bateriei de condensatoare, iar reconectarea acesteia să se realizeze ulterior. Această succesiune se poate realiza prin temporizări adecvate.

Bibliografie

[1] *** MEE—CIRE—SCP. *Instrucțiuni de proiectare, montaj, exploatare și întreținere a bateriilor ISOKOND* — 1976.

[2] Lehmhaus, F. *Etablissement du plan et exploitation de grandes batteries de condensateurs.* CIGRE 1958, raport 140.

[3] Maury, E. și Orgeret, L. *L'appareillage de manoeuvre et de protection pour les batteries de condensateurs sur un réseau à moyenne tension.* În : RGE, nr. 10, 1958.

[4] Grzybowski, S., Kordus, A. ș. a. *Condensatoare în electroenergetică.* Editura tehnică, București, 1966 (trad. din l. polonă).

(Articol intrat în redacție la 3 martie 1980)

Comportarea jugurilor lanțurilor de izolatoare la descărcarea corona

D. Cristescu,
M. Ungureanu
și P. Postolache*)

1. Considerații generale

Nivelurile perturbatoare care apar la 20 m de linii ating valori de 1 la 5 mV/m, pe timp de ceață sau ploaie intensă, fiind de regulă inferioare semnalelor radiofonice (50—100 mV/m pentru undele lungi și 5 — 10 mV/m pentru undele medii). Calitatea recepției radiofonice este însă bună numai atunci cînd raportul între semnalul util și zgomotul perturbator este de 30; cînd nu este îndeplinită această condiție, recepția este îngreunată.

Măsurarea nivelului perturbațiilor radioelectrice în spațiul din jurul unei linii de înaltă tensiune conduce la obținerea unor valori ale cîmpului electromagnetic perturbator care sînt efectele surselor de descărcare corona distribuite aleatoriu în lungul conductoarelor celor trei faze ale liniei, precum și a circulației pe aceste conductoare a unor curenți de impuls injectați în linie de desfășurarea concentrată a fenomenului perturbator la lanțurile de izolatoare, în jurul punctelor de concentrare maximă a cîmpului electric de pe părțile metalice ale acestor lanțuri, agățate la stîlpi situați la distanțe de pînă la 18—20 m de punctul de măsură.

Aceste procese, cu frecvențe inferioare valorii de 2—3 MHz, pot perturba radiocomunicațiile din zona undelor kilometrice sau hectometrice. Perturbarea recepțiior de televiziune, în gama zecilor de MHz, este înregistrată numai în jurul unor stîlpi la care apar unele anomalii punctuale, cum ar fi în cazul unor lanțuri de 110 kV, de suspensie, la care, în urma unui efort vertical redus, apar vibrații însoțite de desfășurarea unor descărcări locale.

Componentele spectrale ale impulsurilor de curent corona cu frecvențe de ordinul MHz au o atenuare de propagare relativ redusă, procesul fiind similar celui de propagare pentru o undă plană care folosește conductorul liniei drept ghid de undă. Frecvențele foarte înalte, însă, se atenuează foarte rapid, ceea ce explică perturbarea localizată a recepțiilor de televiziune menționată anterior, numai în spațiul din vecinătatea unor egrete izolate mari apărute pe părțile metalice ale lanțurilor.

Metodele de măsurare a efectului perturbator radioelectric al unei linii pleacă de la mecanismul de desfășurare a descărcării corona.

Descărcările locale, egretele luminoase, apărute sub efectul unui cîmp electric de 50 Hz important, reprezintă de fapt emisia unor sarcini electrice pozitive sau negative, ioni sau elec-

*) Autorii sînt cadre didactice la Institutul politehnic București.

troni, deci scurgerea transversală pe conductorul sau lanțul de izolatoare în cauză a unui curent electric. Aceasta se traduce prin două unde de curent propagîndu-se în sens invers pe conductor, în stînga și dreapta punctului-sediu al descărcării.

Suprapunerea în lungul conductorului a tuturor undelor de curent, în concordanță cu atenuările lor de propagare, duce la apariția unui curent de înaltă frecvență, care de fapt generează cîmpul plan electromagnetic perturbator.

Zgomotul radioelectric al unei linii, conductor și izolatoare, poate fi deci măsurat fie prin determinarea uneia dintre componentele E sau H ale cîmpului electromagnetic, cu un sistem de antene montate la aparatul de măsură, fie prin măsurarea curentului de înaltă frecvență apărut în conductorul liniei în urma procesului descris mai sus. Măsurarea în laborator, prin cea de-a doua metodă, a efectului perturbator al conductoarelor necesită un tronson de linie experimentală acordat la un capăt, de profil longitudinal perturbator cunoscut [1].

Pentru determinarea efectului perturbator al lanțurilor de izolatoare, normativele CISPR prevăd închiderea curentului de înaltă frecvență, generat de descărcările localizate, pe o rezistență de 300 ohmi, care să simuleze impedanța caracteristică a conductorului de linie prin care circulă curenții induși în situația reală [4].

2. Instalația de măsură utilizată

Spre deosebire de conductoarele liniilor unde punctele de dezvoltare a descărcării corona sînt repartizate pe o distanță mai mare, lanțurile de izolatoare, ca și aparatajul de înaltă tensiune reprezintă surse concentrate, generatoare localizate de perturbații, ceea ce permite ca nivelul perturbator (NP) al acestora să poată fi determinat într-un montaj de laborator.

Deși lucrări efectuate în alte țări au arătat importanța poluării și în special a depozitelor umede pe izolatoare [2], [5], pînă acum aprecierea NP al unui lanț se face pentru lanțul uscat și în absența poluării.

Montajul necesar determinării NP al lanțurilor de izolatoare și, în mod particular, al armăturilor acestora, a fost realizat în cadrul standului experimental exterior al Laboratorului de tehnica tensiunilor înalte de la Institutul politehnic București. În figura 1 se prezintă o secțiune transversală în acest stand.

2.1. *Racordurile de înaltă tensiune*

Schema de alimentare a instalației cuprinde două părți principale, situate în serie :

— schema instalației de alimentare a transformatorului de încercare ;

— schema instalației de alimentare a lanțului de izolatoare.

A fost folosită instalația transformatorului de încercare, care are posibilitatea reglării tensiunii de la 0—600 kV. Transformatorul a fost racordat la faza mediană de pe platforma de încercări, bară constituită din două țevi de Al Ø80 mm, prevăzută la capete cu un sistem de toruri pentru anularea efectului de capăt și evitarea apariției descărcării corona.

Lanțurile încercate au fost ridicate sau coborîte cu ajutorul sistemului de role și trolii aflate în dotarea platformei de încercări. Lanțul a fost suspendat sub traversa mediană a portalului platformei. Racordarea la bare s-a efectuat cu ajutorul unui inel deschis din tub copex prins de bară (cele două țevi de Al) cu două cleme-

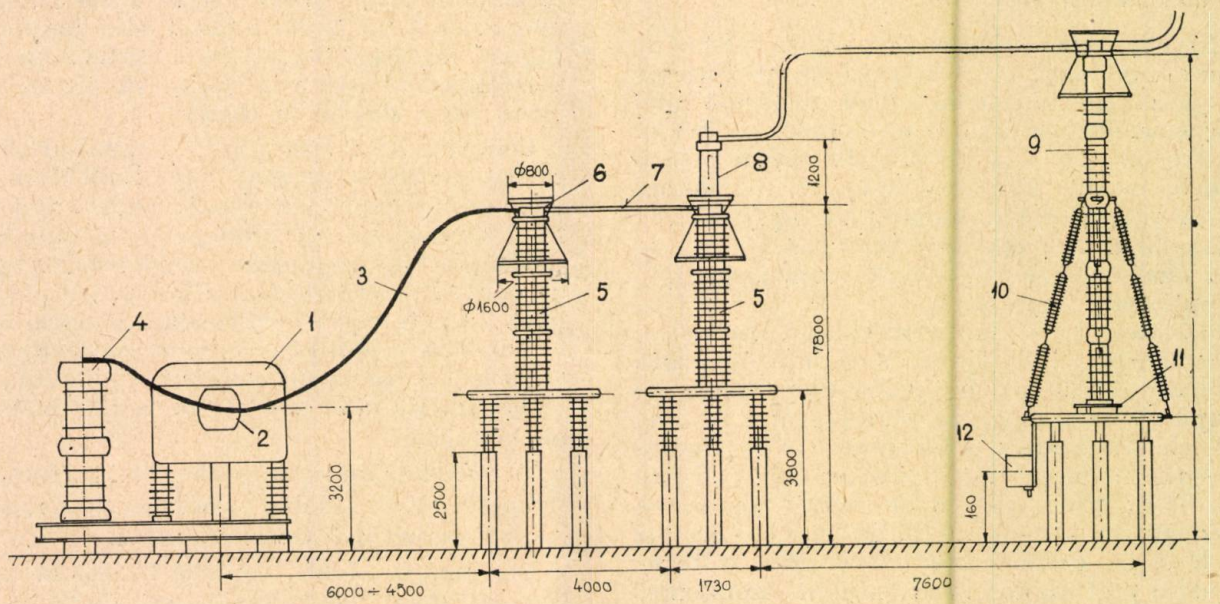


Fig. 1. Standul experimental exterior de la laboratorul TTI din IPB (secțiune).

1 — transformator de IT ; *2* — bornă de IT ; *3* — tub flexibil de legătură ; *4* — condensator de IT ; *5* — coloane izolante ; *6* — cleme legături ; *7* — legături rigide de IT ; *8* — filtru IF oprește-bandă ; *9* — condensator de decuplaj ; *10* — ancore izolante ; *11* — dispozitiv izolant ; *12* — anexe de măsură (B_1 și B_2).

suport de derivaţie pentru două ţevi de secţiuni egale (fig. 2). De jug, în locul clemei de prindere a conductorului, a fost montat un cîrlig scurt din bară lată de Al. Punerea sub tensiune a lanţurilor de izolatoare s-a realizat prin inter-

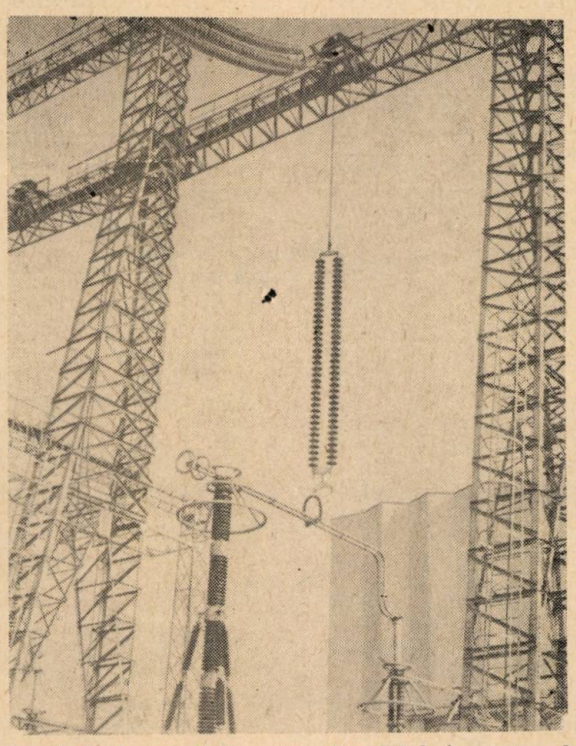


Fig. 2. Vedere parţială a dispozitivului de încercare a lanţurilor de izolatoare din standul experimental exterior.

mediul inelului deschis şi al cîrligului, care pot prelua efortul de tracţiune necesar pentru a avea loc un bun contact electric.

Atît inelul cît şi barele sînt dimensionate pentru a nu se produce fenomenul corona. Inelul ce leagă cele două bare jumelate prin dimensiunile şi raza lui de curbură urmăreşte, cu o bună aproximaţie, liniile echipotenţiale ale conductorului echivalent (raza geometrică $r = 89{,}7$ mm) al celor două bare.

2.2. *Schema de încercare a lanţului de izolatoare*

Pornind de la schema de principiu (fig. 3), dată de recomandările CISPR – CIGRE, a fost realizată schema de încercare a lanţurilor de izolatoare folosită în cadrul standului experimental, în care :

— Filtrul este constituit dintr-un bobinaj a cărui inductanţă este de circa 10 mH, între extremităţile sale fiind montată o rezistenţă de 150 kΩ, avînd rolul de a realiza o atenuare de cel puţin 35 dB, practic constantă în domeniul 0,15 ÷ 3 MHz.

— Rezistenţa braţului de joasă tensiune a fost reglată astfel încît întreaga rezistenţă de joasă tensiune să fie de 300 Ω ;

— Bobina L prezintă o reactanţă redusă pentru frecvenţa de 50 Hz şi realizează închiderea căii de curent pentru această frecvenţă.

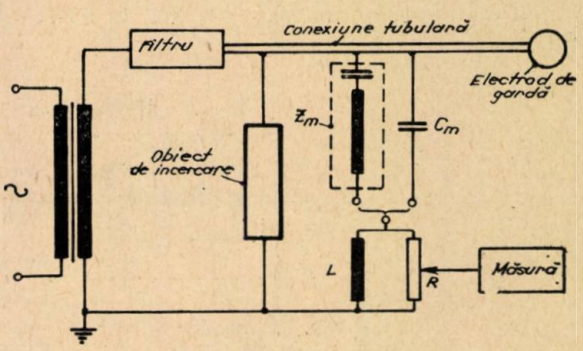


Fig. 3. Schema de principiu a încercării lanţului de izolatoare la perturbaţii.

Schema de măsurare a NP al lanţurilor este dată în figura 4.

Aparatul de măsură utilizat pentru stabilirea NP al accesoriilor metalice ale lanţurilor de izolatoare este de tip Siemens B 83600 —B 40, care corespunde recomandărilor CISPR.

2.3. *Interpretarea rezultatelor furnizate de aparatajul de măsură*

Conform definiţiilor date de CISPR, NP indicat de aparat este zero atunci cînd la bornele rezistenţei de 300 Ω se aplică o tensiune de 1 μV, situaţie în care la bornele rezistenţei de 60 Ω din schemă apare o tensiune de 0,2 μV, adică 6 dB la aparatul de măsură (fig. 4). Cum în paralel cu impedanţa de 60 Ω a aparatului există o rezistenţă de măsură $R_m = 10$ Ω, atunci echilibrul tensiunilor conduce la :

$$NP[\mu V] = U_{citit}[\mu V] : \frac{1}{0{,}2} \cdot \frac{60}{10 \| 60}\,[\mu V], \tag{1}$$

care, transformată în unităţi relative [dB], dă :

$$NP[dB] = U_{citit}[dB] - 20 \log 0{,}2\ [dB] + 20 \log \frac{60}{10 \| 60}\,[dB] \tag{2}$$

sau, introducînd şi corecţia aparatului (−8 dB) :

$$NP[dB] = U_{citit}[dB] + 23\ [dB]$$

Aceasta înseamnă că, la indicaţia aparatului, se adaugă valoarea de 23 [dB], reprezentînd

faptul că NP este citit prin intermediul divizorului de tensiune ce se creează pe ramura de joasă tensiune a sistemului de măsură. După sistemele obișnuite la echipamentele concentrate, NP al elementelor încercate se dă în dB/1 μV/300 Ω.

metalice ale lanțurilor, ca și de modul de repartizare a potențialului de-a lungul lanțului de izolatoare.

Modul de repartizare a potențialului de-a lungul lanțului depinde în mare măsură de tipul de armături de protecție utilizate. În mod direct

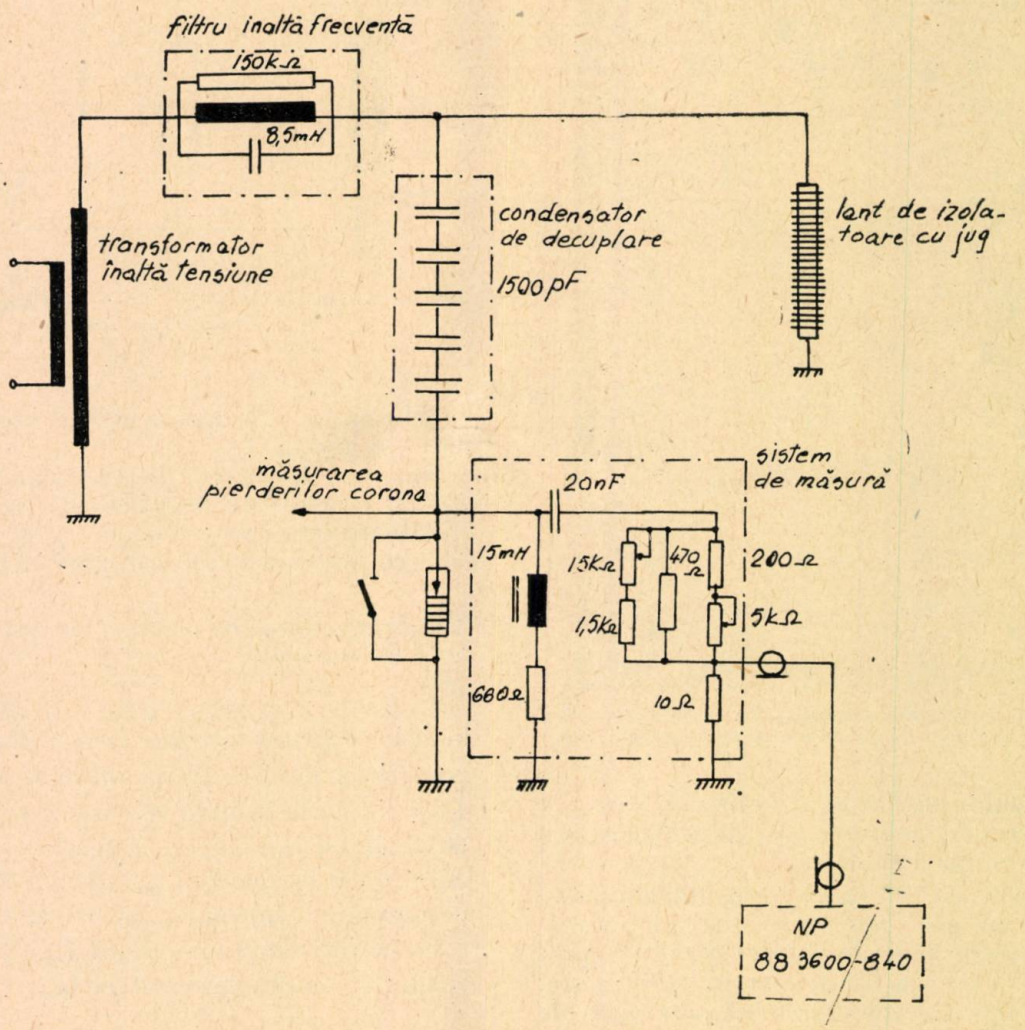


Fig. 4. Schema de măsură a NP al lanțurilor de izolatoare.

3. Contribuția la nivelul perturbator al unei linii de medie și înaltă tensiune a efectului corona la lanțurile de izolatoare

Influența descărcării corona care se desfășoară la stîlpii liniilor, adică la punctele de prindere a conductoarelor, este profund diferită la liniile de medie tensiune și la cele de înaltă tensiune. Cîmpul electric la suprafața conductoarelor, mărime care afectează direct descărcarea corona în lungul conductoarelor, capătă valori diferite de valoarea critică începînd de la 110 kV în sus.

Este cunoscut faptul că perturbațiile provocate de lanțurile de izolatoare depind de condițiile meteorologice, de starea suprafeței conductoarelor, de gradul de prelucrare a armăturilor diferențele de potențial care revin ultimelor izolatoare afectează și valorile NP ale întregului lanț. Figura 5 prezintă, după [5], posibilitatea de reducere a NP al unui lanț prin utilizarea diferitelor structuri geometrice ale armăturilor de protecție. Acestea ecranează părțile metalice (cleme, juguri) ale prinderii conductorului de lanț, elemente care prezintă suprafețe rugoase și muchii ascuțite, pe care se dezvoltă descărcarea corona. Armăturile de protecție, cînd sînt bine concepute și executate, pot reduce NP al lanțului chiar cu cîțiva zeci de dB.

Evaluarea influenței lanțurilor de izolatoare asupra NP al unei linii electrice aeriene se poate face comparînd curentul generat de descărcarea corona la lanțul de izolatoare cu curentul I_L, generat de o deschidere a liniei considerate.

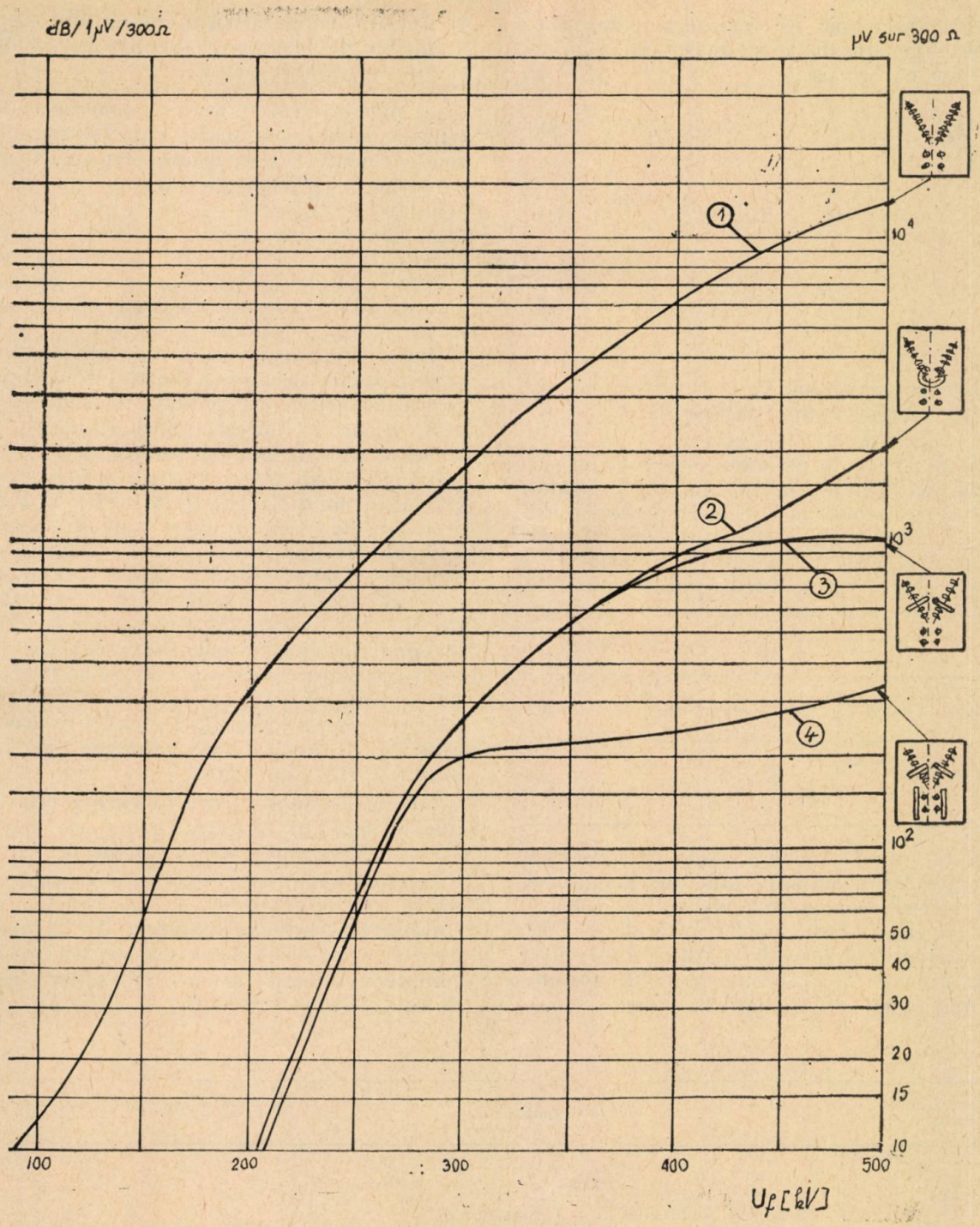


Fig. 5. Variația NP pentru diferite structuri și echipări ale lanțurilor de izolatoare, după [5].

Dacă curentul dat de lanț este inferior lui I_L, contribuția descărcării la lanțul de izolatoare la NP al liniei se consideră neglijabilă; dacă el este egal cu I_L, amplificarea NP total al liniei datorat lanțului este de 3 dB; dacă el este superior lui I_L, cîmpul perturbator al liniei va fi determinat exclusiv de către lanțul de izolatoare. Aceasta din urmă este de fapt situația care apare în mod curent la medie tensiune.

În normativele CISPR [4] se fixează ca limită a curentului dat de descărcarea la lanț valoarea $I_L/3$ (sau -10 dB), corespunzînd unei majorări a NP de 0,4 dB, ceea ce practic nu este măsurabil.

Ținînd seama de faptul că determinarea analitică a lui I_L se face în condiții de ploaie, pentru a determina NP pe timp frumos va fi necesar să se scadă -20 dB din nivelul perturbator provocat de conductoarele în deschideri.

Aceasta înseamnă că valoarea curentului perturbator generat de lanțul de izolatoare poate fi calculată cu relația:

$$I_L = I_{L\,(ploaie)} - (20 + 10)\ [\mathrm{dB}] \qquad [4]$$

în care

$$I_L = I\sqrt{L}\ \text{după [2]}, \qquad [5]$$

iar

$$I = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \cdot [C] \cdot [\Gamma], \qquad [6]$$

unde

L este lungimea liniei;
$[C]$ — matricea capacităților;
Γ — funcția de excitație.

Calculele efectuate pe acest principiu permit stabilirea tensiunii perturbatoare limită dată de un lanț de izolatoare la bornele unei rezistențe de 300 Ω, pentru geometrii uzuale de coronament, în condițiile în care NP al liniei este creat numai de comportarea conductoarelor în deschidere, și nu de procese petrecute la stîlp.

Tabelul 1

Tensiunea nominală kV	220	330	400	550	750
Perturbația limită dB/1 μV/300 Ω	60	63	65	67	70

În acest mod, atunci cînd se apreciază eficacitatea unui anumit lanț de izolatoare, nivelul perturbator apărut, în condiții curate, trebuie să fie inferior cifrelor anterioare. Cînd nu este îndeplinită această condiție, contribuția lanțului de izolatoare trebuie luată în considerare după regula menționată mai sus.

4. Analiza comparativă a comportării jugurilor lanțurilor de izolatoare funcționînd la diverse tensiuni ale liniei

Pe platforma exterioară a Laboratorului de tehnica tensiunilor înalte din Institutul politehnic București s-a măsurat prin curent nivelul perturbator produs de lanțuri de izolatoare echipate cu diverse juguri și funcționînd la tensiuni nominale de 110—750 kV; unele dintre aceste juguri fac parte din producția curentă a ICMP; altele au fost reproiectate cu un consum de metal micșorat după cercetări efectuate la Institutul politehnic București.

Jugurile încercate sînt prezentate în tabelul 2.

Tehnica de încercare a lanțurilor de izolatoare și a armăturilor, din punctul de vedere al descărcării corona, nu este unică, ea variind de la o țară la alta. O practică existentă în mai multe țări [5] prevede încercarea accesoriilor metalice și a lanțurilor de izolatoare la *tensiuni mai mari decît cele de serviciu*, în scopul obținerii unui domeniu de securitate pentru a putea lua în considerație variațiile NP datorate descărcărilor incomplete sau îmbătrînirii instalațiilor. CISPR [5] recomandă studierea variației NP începînd de la pragul măsurabil pînă la o tensiune net superioară. Se recomandă de asemenea trasarea variației NP cu frecvența (spectrul NP) pentru a putea delimita domeniile de frecvență cele mai afectate de perturbațiile generate de lanțurile de izolatoare.

Nivelurile de tensiune la care a fost determinat spectrul NP în gama de frecvențe 0,15—3 MHz sînt date în tabelul 3.

Trebuie remarcat că rezultatele acestor măsurători sînt interesante din punct de vedere comparativ; în valori absolute, NP al lanțurilor de izolatoare este cel obținut pentru o echipare completă cu juguri, armături de protecție, cleme de conductor.

Tabelul 2

Tensiunea nominală (U_n)	Juguri încercate	Nivelul de tensiune la care apare $NP \times U_n$	Nivelul minim dB
110 kV	JS — 500 — 16		
	1. lanț cu izolatoare LS 75/21	4,5	65
	2. lanț cu izolatoare IC — 4 (lanț dublu)	4	56
220 kV	1. JS 500—16 tip nou	2	79
	2. JS 500—16 tip vechi	2	90
	3. JS 400—12	2,25	53
	4. JS 400—16	2	85
	5. JS 500—20	2	52
400 kV	JS 500—20		
	1. JD 500/400—24	1	78
	2. JD 500/400—32	1	56
	3. JD 500/400—45	1	58
750 kV	1. JQ—I—450—35 tip monolit propus de IPB	—	—
	2. JQ—II—450—35 tip asamblat, propus de IPB	0,5	57
	3. JQ—I—450—35 tip asamblat	0,5	45

Tabelul 3

Tensiunea nominală (U_n)	Tensiunea aplicată lanțului de izolatoare (U_n)
110 kV	$(4{,}5 ; 5 ; 5{,}5 ; 6 ; 6{,}5) \times U_n/\sqrt{3}$
220 kV	$(2 ; 2{,}25 ; 2{,}5 ; 2{,}75 ; 3) \times U_n/\sqrt{3}$
400 kV	$(1 ; 1{,}25 ; 1{,}5 ; 1{,}75) \times U_n/\sqrt{3}$
750 kV	$(0{,}5 ; 0{,}75 ; 1) \times U_n/\sqrt{3}$

Măsurătorile efectuate, ale căror rezultate sînt date în tabelul 2, au condus la următoarele concluzii :

1) *Nivelul* $U_n = 110$ *kV*. A fost încercat jugul JS –500 –16, care a fost montat pe un lanț dublu de izolatoare LS 75/21 și pe un lanț dublu cu 7 izolatoare IC –7.

În cele ce urmează, toate valorile de nivel perturbator sînt exprimate în dB/1 μV/300 Ω.

Pentru lanțul de izolatoare LS 75/21 pragul măsurabil al *NP* a fost 4,5 $U_n/\sqrt{3}$, unde la frecvența de 0,15 MHz *NP* a fost de 43 dB. Pentru tensiunea 6 $U_n/\sqrt{3}$ și în gama de frecvențe 0,15 –1 MHz, *NP* a fost de circa 83 dB, iar pentru tensiunea 6,5 $U_n/\sqrt{3}$, în aceeași gamă de frecvențe, *NP* a fost de circa 96 dB.

În cazul lanțului echipat cu izolatoare capă 2×7 IC –7, pentru aceleași tensiuni aplicate (4 –6 $U_n/\sqrt{3}$) s-au înregistrat *NP* mai mari cu 7 –8 dB față de cele măsurate la lanțul format din izolatoare LS 75/21. Aceasta se explică prin existența unor puncte metalice suplimentare în care apar descărcări electrice în afara jugurilor (adică pe cape).

În figura 6 se dă variația *NP* cu tensiunea aplicată (U/U_{fn}) pentru frecvența 0,5 MHz (frecvența recomandată de normele CISPR) la cele două tipuri de lanțuri încercate.

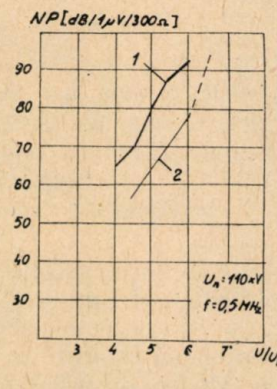


Fig. 6. Variația *NP* în funcție de tensiunea aplicată la $f = 0{,}5$ MHz pentru $U_n = 110$ kV.

1 – lanț 2×7 – IC – 4; *2* – lanț LS 75/21.

2) *Nivelul* $U_n = 220$ *kV*. Au fost încercate cinci tipuri de juguri (tabelul 2) montate pe lanț 2×2 LS 75/21.

Se constată că *NP* se menține practic constant în gama de frecvențe 0,15 – 1 MHz, pentru toate tipurile de juguri la toate tensiunile aplicate lanțului. Pentru frecvențe mai mari de 1 MHz, *NP* scade pentru orice tensiune aplicată.

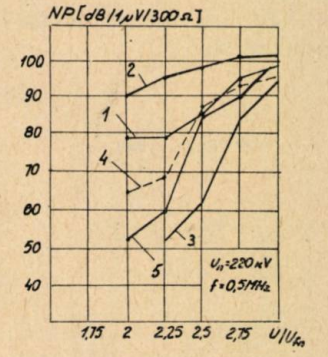


Fig. 7. Variația *NP* în funcție de tensiunea aplicată la $f = 0{,}5$ MHz pentru $U_n = 220$ kV.

1 – JS 500 – 16; *2* – JS 500 – 16 tip vechi; *3* – JS 400 – 12; *4* – JS 400 – 16; *5* – JS 500 – 20

Pragul măsurabil al *NP* a fost 2 U_{fn}, cu excepția jugului JS 400 –12, pentru care acest prag a fost 2,25 U_{fn}, și a jugului JS 500 – 16 tip vechi, la care pragul a fost 1,75 U_{fn}. Cele mai importante perturbații le provoacă jugurile JS –500 –16 tip vechi, la care *NP* este în medie de 55 dB pentru 1,75 U_{fn} la frecvența 0,5 MHz și ajunge la 101 dB pentru 3 U_{fn}, la aceeași frecvență.

În figura 7 se prezintă variația *NP* în raport cu tensiunea aplicată (U/U_{fn}) pentru frecvența de 0,5 MHz.

3) *Nivelul* $U_n = 400$ *kV*. Au fost încercate trei tipuri de juguri (tabelul 2), toate montate pe lanț de izolatoare de tip 2×3 LS 75/21.

Se constată – ca și în cazul încercărilor efectuate la nivelul $U_n = 220$ kV – că *NP* se menține constant în gama de frecvențe 0,15 – 1 MHz, pentru toate tipurile de juguri și la toate tensiunile aplicate lanțului. Pentru frecvențe mai mari de 1 MHz, *NP* scade pentru orice tensiune aplicată. Pragul măsurabil al *NP* a fost U_{fn}. Cele mai importante perturbații le provoacă jugul JD 500/400 –24; astfel, la U_{fn} și $f = 0{,}5$ MHz, *NP* este de 79 dB față de *NP* de 55 dB produs de jugul JD 500/400 –32 la aceeași frecvență și tensiune (fig. 8).

Pe măsură ce tensiunea aplicată lanțului crește, această diferență se estompează, *NP* ajungînd, de exemplu, 98,5 dB la 1,75 U_{fn} pentru JD 500/400 –24 față de 97 dB la 1,75 U_{fn} pentru JD 500/400 –32.

4) *Nivelul* $U_n = 750$ *kV* (fig. 9). Au fost încercate trei tipuri de juguri montate pe lanț de izolatoare 2×36 IC –4.

Încercarea s-a efectuat la trei tensiuni diferite : 0,5 U_{fn}, 0,75 U_{fn} și U_{fn}. La frecvența 0,5 MHz jugul JQ II 450 –35, tip asamblat, produce un *NP* (95 dB) mai mare decît cel

produs de jugul JQ I—450—35 tip asamblat (87 dB).

Şi la această tensiune este depăşit nivelul de 70 dB (tabelul 1), cauza fiind aceeaşi ca mai sus (absenţa armăturilor).

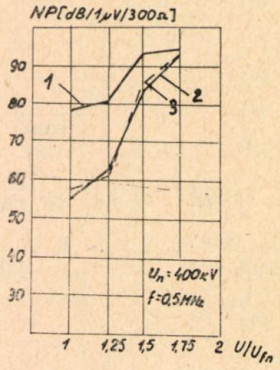


Fig. 8. Variaţia NP în funcţie de tensiunea aplicată la $f = 0{,}5$ MHz pentru $U_n = 400$ kV.

1 – jug JD 500/400–24; *2* – jug JD 500/400–32; *3* – jug JD 500/400–45.

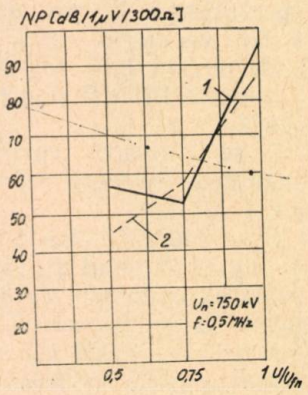


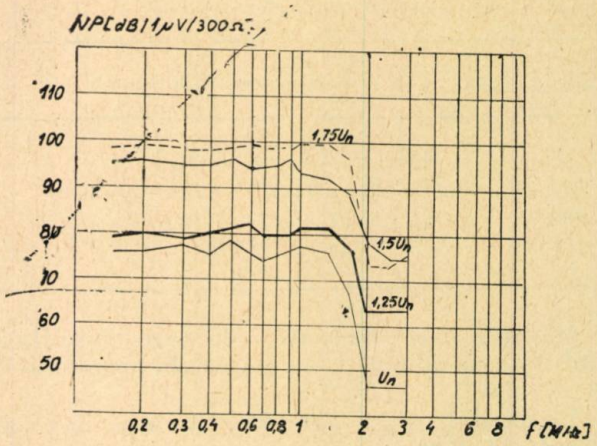
Fig. 9. Variaţia NP în funcţie de tensiunea aplicată la $f = 0{,}5$ MHz pentru $U_n = 750$ kV.

1 – JQ II 450–35, tip asamblat; *2* – JQ I 450–35, tip asamblat.

Din analiza efectuată se desprinde ca o concluzie generală faptul că NP este, în general, independent de frecvenţă pentru frecvenţele sub 1 MHz, indiferent de tensiunea aplicată, şi scade pentru frecvenţe mai mari.

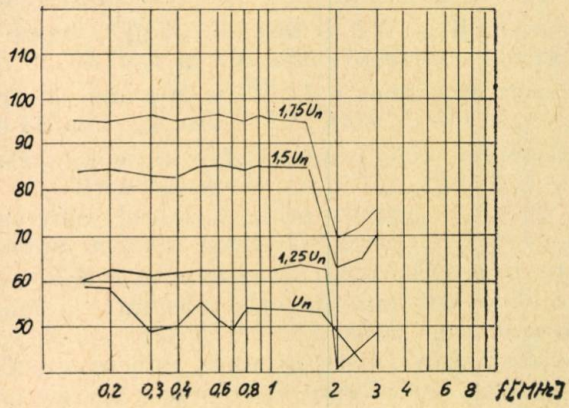
În figurile 10, *a* şi *b* se indică, spr ilustrare, variaţia NP în funcţie de frecvenţă pentru diferite tensiuni aplicate lanţului.

Se constată de asemenea că acest caracter al NP (de a fi constant pentru frecvenţe mai mici decît 1 MHz) este mai regulat pentru tensiuni ridicate şi mai neregulat în cazul tensiunilor mai mici.



a)

Fig. 10 a. Variaţia NP cu frecvenţa pentru diferite tensiuni aplicate lanţului echipat cu juguri tip JD 500/400—24 (400 kV).



b)

Fig. 10 b. Variaţia NP cu frecvenţa pentru diferite tensiuni aplicate lanţului echipat cu juguri tip JD 500/400—32 (400 kV).

Concluzii

Metoda descrisă anterior, instalaţia realizată, rezultatele numerice prezentate permit compararea comportării diverselor structuri ale lanţurilor de izolatoare pentru tensiuni de 110—400 kV, eventual 750 kV, realizate cu diverse echipări, pentru suspensiile realizate din izolatoare-tijă.

Pe această cale devine posibilă ameliorarea, din punctul de vedere al comportării la descărcarea corona, a diverselor echipamente de lanţuri. Rezultatele prezentate în acest articol sînt luate în considerare de ICMP în dezvoltarea şi îmbunătăţirea produselor sale.

O bună soluţionare şi o îngrijită realizare a echipamentului lanţurilor de izolatoare poate face neglijabilă contribuţia descărcării corona pe părţile metalice ale acestor lanţuri în valoarea totală a cîmpului electromagnetic perturbator al liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune.

Bibliografie

[1] Ungureanu, M. şi Cristescu, D. *Variaţia nivelului perturbator cu condiţiile meteorologice — rezultate preliminare.* În : Bul. IPB, Seria Electrotehnică — Energetică, nr. 3, 1978.

[2] Gary, C. şi Moreau, M. *L'effet de couronne en tension alternative.* Ed. Eyrolles, Paris, 1977.

[3] Cristescu, D., Ungureanu, M., Postolache, P. şi Măgureanu, G. *Studii şi încercări electrice complexe privind optimizarea realizării armăturilor pentru liniile de înaltă tensiune şi foarte înaltă tensiune.* Contract de cercetare ştiinţifică nr. 64/17.02.1977, IPB — ICMP, 1978.

[4] *** *Spécification de l'appareillage de mesure CISPR pour les fréquences comprises entre 0,15 et 30 MHz* ; publication CISPR nr. 1, 1961.

[5] *** *Guide de perturbation.* Publicaţie CIGRE, Paris, 1972.

(Articol intrat în redacţie la 11 februarie 1980)

Aprecierea din punct de vedere termic a calităţii transformatoarelor de distribuţie în ulei

ing. **C. Moldoveanu**
şi subing. **V. Măniţiu***)

Consideraţii generale

De mulţi ani limitele de temperatură pentru transformatoarele de putere sînt stabilite ţinînd seama de compoziţia chimică a materialelor izolante. Cercetările experimentale efectuate în ultimii ani pe plan internaţional au arătat că mărimea duratei de viaţă din punct de vedere termic a sistemelor de izolaţii compuse nu poate fi dedusă în mod sigur numai din informaţiile referitoare la materialele componente.

Izolaţia transformatoarelor de putere este realizată din mai multe componente, alese astfel încît să reziste diferitelor solicitări electrice, mecanice şi termice care apar în diverse părţi ale structurii izolaţiei. Gradul în care un sistem de izolaţie este corespunzător în exploatare depinde de valoarea solicitărilor care acţionează asupra lui şi asupra materialelor înseşi şi de condiţiile de funcţionare. Mărimea duratei de viaţă utilă a sistemului de izolaţie depinde de modul în care componentele individuale sînt aranjate, de interacţiunea uneia asupra alteia, de contribuţia fiecărei componente asupra integrităţii electrice şi mecanice a sistemului şi de modul în care transformatorul este construit.

Pentru a se asigura o durată de viaţă satisfăcătoare, este necesar ca condiţiile referitoare la izolaţie să fie bazate pe experienţa de exploatare sau încercări privind durata de viaţă. Deci este necesară încercarea sistemelor de izolaţie complete, reprezentative pentru fiecare tip de transformator, pentru verificarea performanţelor materialelor corespunzător funcţiilor lor specifice în echipament şi pentru stabilirea unei legături între valoarea temperaturii de funcţionare şi durata de viaţă. Pe baza rezultatelor acestor încercări se poate impune temperatura-limită a punctului cel mai cald al înfăşurării în vederea asigurării unei durate de viaţă corespunzător de lungă (minimum 30 de ani), se poate elabora ghidul de supraîncărcare a transformatoarelor şi se pot compara diverse sisteme de izolaţie, caracteristice fiecărui tip constructiv de transformatoare.

Ţinînd seama de considerentele menţionate mai sus, o serie de companii de electricitate din S.U.A. (de exemplu : Monoley Electric Co. ; Southern California Edison Co.) au elaborat programe de evaluare termică a transformatoarelor de distribuţie pentru alegerea furnizorilor şi pentru elaborarea bazei de date comparative în vederea procurării economice a stocului anual de transformatoare, cu considerarea realistă a costurilor, a pierderilor electrice, a cheltuielilor de exploatare etc. [1], [2].

Articolul de faţă prezintă o serie de rezultate experimentale obţinute în cadrul unei cercetări a ICEMENERG — Bucureşti, care pentru prima dată în ţară a încercat să determine experimental durata de viaţă din punct de vedere termic a unui transformator de distribuţie (şi anume cea a transformatorului de 100 kVA 20/0,4 kV de fabricaţie I.T.M. Filiaşi, acesta fiind unul din tipurile de transformatoare cel mai mult solicitate de întreprinderile de exploatare ale M.E.E.)

Procedeul de încercare

Procedeul de încercare utilizat a constat în expunerea transformatorului la temperatură ridicată şi în efectuarea încercărilor pentru determinarea sfîrşitului duratei de viaţă.

Schema de încercare

Ţinîndu-se seama de condiţia unui consum cît mai redus de energie electrică în timpul probei de îmbătrînire termică accelerată, pentru efectuarea încercării s-a folosit schema din figura 1, în care transformatorul încercat are înfăşurarea de înaltă tensiune conectată în

*) Constantin Moldoveanu este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG — Bucureşti ; Victor Măniţiu este subinginer la acelaşi institut.

scurtcircuit, iar izolația principală a acestei înfășurări este solicitată la tensiunea nominală.

În figura 2 se observă aparatura de măsură și de încercare utilizată în timpul probei de îmbătrînire termică accelerată efectuată de ICEMENERG.

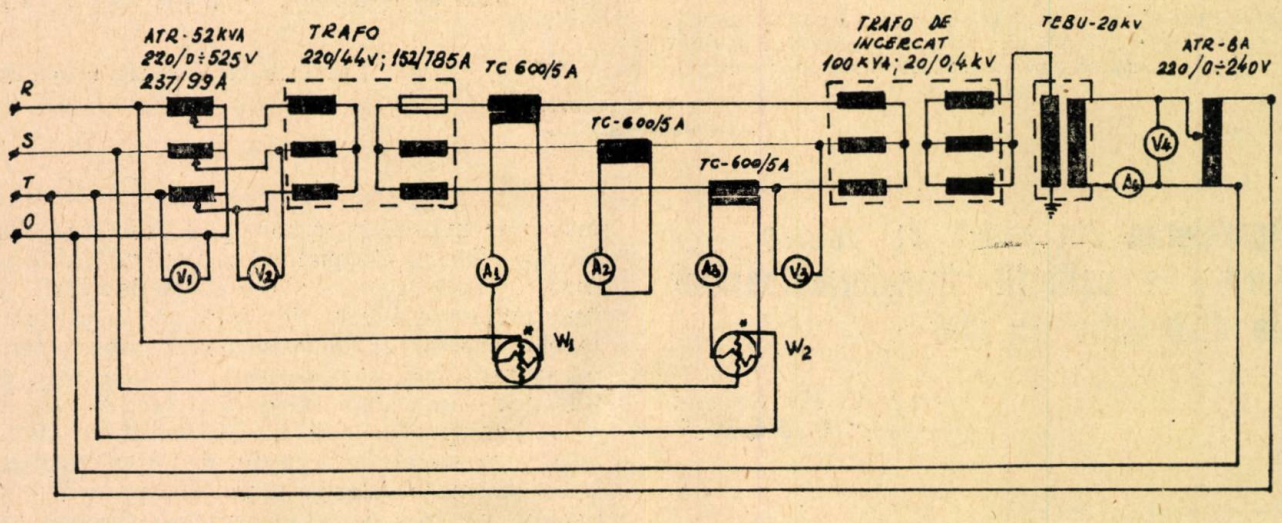


Fig. 1. Schema de încercare la îmbătrînire termică accelerată a transformatorului de distribuție.

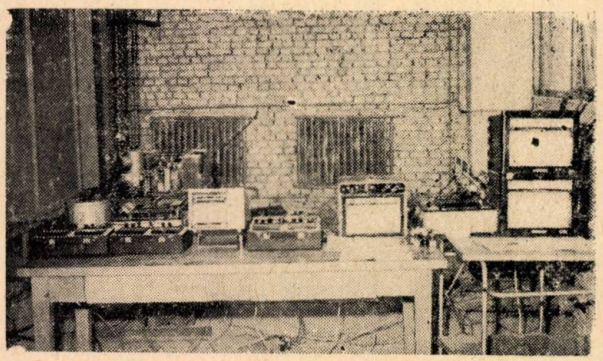


Fig. 2. Aparatura de măsură și control utilizată la proba de îmbătrînire termică accelerată.

În timpul probei de îmbătrînire s-au înregistrat, permanent sau la intervale de o oră, următoarele mărimi;

— curentul de sarcină;

— tensiunea sursei de alimentare;

— tensiunea de încercare a izolației principale a înfășurării de înaltă tensiune a transformatorului încercat;

— curentul și înfășurarea de joasă tensiune a transformatorului de măsură de tensiune;

— temperatura:

— mediului ambiant, la distanța de 1,5 m de cuva transformatorului încercat (cu 2 termocuple);

— uleiului din conservator (cu un termocuplu);

— capacului cuvei transformatorului (cu 4 termocuple);

— cuvei la nivel mediu (cu 3 termocuple);

— cuvei la nivel inferior (cu un termocuplu).

Ciclul de încercare

Factorii de îmbătrînire care se utilizează la aprecierea, din punct de vedere termic, a izolației sînt temperatura și timpul. În plus, la stabilirea ciclului de încercare s-a avut în vedere atît condiția obținerii unor rezultate concludente, într-o perioadă de timp rezonabil de lungă, cît și condiția de a se putea compara aceste rezultate cu cele obținute în alte laboratoare. Ciclul de încercare adoptat în laboratorul ICEMENERG este cel din tabelul 1, permițînd obținerea unor rezultate care au putut fi comparate cu cele obținute de firma Southern California Edison Co.

Tabelul 1

Timpul	Durata încercării	Sarcina (în procente din sarcina nominală)
Luni 8—00 dim.	25 min	300
8—25 dim.	35 min	250
9—00 dim.	7 h (sarcina de încercare)	200
4—00 d.a.	și pe timpul nopții	100
Marți — vineri		
8—00 dim.	8 h (sarcina de încercare)	200
4—00 d.a.	și pe timpul nopții	100
Sîmbătă		
8—00 dim.	8 h (sarcina de încercare)	200
4—00 d.a.	și pe timpul nopții	0

Probe și măsurători în vederea depistării sfîrșitului duratei de viață

De regulă, din punct de vedere termic, durata de viață se consideră că se sfîrșește cînd degradarea termică a ajuns la faza în care transformatorul nu mai poate să reziste la o serie de încercări ce simulează curenți sau tensiuni

anormale, care pot să fie întîlnite în mod curent în timpul exploatării.

Datorită naturii încercării la îmbătrînire termică accelerată, cuvîntul „defect" are în acest caz un înţeles specific, el folosindu-se pentru a descrie o străpungere a izolaţiei (ca urmare a îmbătrînirii acesteia) care ar putea determina scoaterea din exploatare a transformatorului, dacă ea ar apărea în timpul funcţionării normale.

Pentru a se verifica că transformatorul de încercat (de 100 kVA 20/0,4 kV nr. 59. 533/1978 de fabricaţie I.T.M. Filiaşi) este corespunzător calitativ, înainte ca acesta să fie supus probei de îmbătrînire termică accelerată, acesta a fost supus următoarelor încercări preliminare :

— verificarea raportului de transformare;

— măsurarea rezistenţei de izolaţie;

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a înfăşurării de înaltă tensiune;

— măsurarea pierderilor şi a curentului de mers în gol;

— măsurarea pierderilor şi a tensiunii de scurtcircuit;

— încercarea izolaţiei cu tensiune indusă şi aplicată;

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a uleiului;

— determinarea rigidităţii dielectrice a uleiului.

După circa două săptămîni de aplicare a ciclului de încercare menţionat în tabelul 1, s-au repetat următoarele probe :

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a înfăşurării de înaltă tensiune :

— măsurarea rezistenţei de izolaţie;

— încercarea izolaţiei cu tensiune aplicată;

— măsurarea tangentei unghiului de pierderi dielectrice a uleiului;

— determinarea rigidităţii dielectrice a uleiului.

Rezultatele verificărilor profilactice nedistructive sînt prezentate în tabelul 2.

Dintre aceste rezultate, numai modificarea importantă a valorilor rezistenţei de izolaţie a înfăşurărilor şi a rigidităţii dielectrice a uleiului indică o schimbare semnificativă a stării transformatorului ca urmare a îmbătrînirii termice.

La încercarea cu tensiune aplicată, 50 Hz, s-au produs descărcări puternice în interiorul cuvei transformatorului la o valoare a tensiunii de încercare de 34 kV, mai mică decît tensiunea minimă de ţinere admisă de normativul PE 116 [3] de 0,75 $U_{inc.}$ = 37,5 kV.

Pe baza rezultatului încercării cu tensiune aplicată, s-a considerat că transformatorul este defect, s-a întrerupt proba de îmbătrînire termică accelerată şi s-a decuvat transformatorul.

Tabelul 2

Măsurători	Rezultate	
	Înainte de încercarea la îmbătrînire	După circa două săptămîni de încercare la îmbătrînire
Rezistenţa de izolaţie (la 25°C), în MΩ :		
IT−(JT+ ⏚)	20 000	8 000
JT−(IT+ ⏚)	15 000	6 000
IT − JT	12 000	4 000
tg δ a izolaţiei (la 25°C), în % :		
IT−(JT+ ⏚)	0,3	0,375
Rigiditatea dielectrică a uleiului, în kV/cm	> 240	81,6
tg δ a uleiului, în %	4,1	3,1

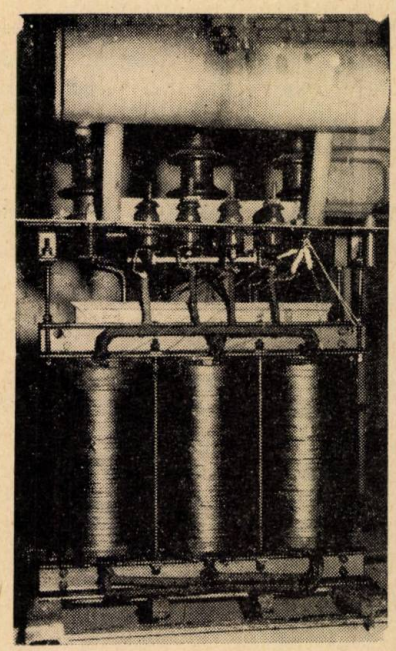


Fig. 3. Partea activă a transformatorului după încercarea la îmbătrînire termică accelerată.

Aspectul părţii active a transformatorului după încercarea la îmbătrînire termică accelerată se poate observa în figura 3.

Cu toate că transformatorul a suportat solicitarea la tensiune nominală şi la curentul de încercare la îmbătrînire, la circa două săptămîni de la începerea probelor izolaţia era carbonizată. În această fază, defectul se putea produce nu numai la solicitarea cu tensiune mărită, ci şi la solicitarea la eforturi electrodinamice provocate de un scurtcircuit brusc la bornele transformatorului.

Durata de viață demonstrată prin efectuarea probei de îmbătrînire termică accelerată

Viteza medie de îmbătrînire în timpul probei de îmbătrînire accelerată este funcție de temperatura în punctul cel mai cald al înfășurărilor transformatorului și se determină folosind relația [2]:

$$V = \frac{51\,100}{L}, \qquad (1)$$

unde

V este viteza medie de îmbătrînire, reprezentînd unități ale duratei de funcționare (de serviciu) consumate într-o oră;

L — durata de funcționare, în ore, stabilită de formula reacției chimice a lui Arrhenius: $\ln L = A + \frac{B}{T}$;

T — temperatura absolută, în °K: $T = \theta_c + 273$, θ_c fiind temperatura în punctul cel mai cald;

A și B — constante ($A = -26{,}96$; $B = 14\,500$);

51 100 — numărul total (minim necesar) de ore de funcționare în exploatare a unui transformator la temperatura $\theta_c = 110$ °C.

Temperatura în punctul cel mai cald al înfășurărilor transformatorului se determină folosind relația:

$$\theta_c = \theta_u + \Delta\theta_c, \qquad (2)$$

în care

θ_u este temperatura uleiului în partea superioară a cuvei, în °C, la momentul t (valoare măsurată);

$\Delta\theta_c$ — supratemperatura în punctul cel mai cald peste temperatura uleiului la partea superioară a cuvei, la încărcarea transformatorului la sarcina $S = KS_n$

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_{cn} K^{2y};$$

t — perioada de timp care a trecut de la începerea încărcării la sarcina S;

$\Delta\theta_{cn}$ — supratemperatura în punctul cel mai cald, peste temperatura uleiului la partea superioară a cuvei, la încărcarea transformatorului la sarcina nominală ($\Delta\theta_{cn} = 18$°C);

y — exponent egal cu 0,8 pentru transformatoarele de putere cu circulație naturală a uleiului și a aerului de răcire.

Pentru compararea rezultatelor încercărilor de îmbătrînire accelerată, atît în calculele ICEMENERG cît și în cele efectuate de firma Southern California Edison Company, s-a presupus că viteza de îmbătrînire este neglijabilă la temperaturi în punctul cel mai cald al înfășurărilor mai mici de 110°C.

De aceste ipoteze s-a ținut seama la prelucrarea măsurătorilor din timpul probei de îmbătrînire termică accelerată, rezultatele calculelor efectuate fiind menționate în tabelul 3.

Tabelul 3

	Transformatorul încercat de ICEMENERG	Transformatoarele încercate de firma Southern California Edison Co.	
		A	B
Date inițiale			
Puterea nominală, kVA	100	25	25
Tensiuni nominale, kV	20/0,4	12/0,24	12/0,24
Pierderi de mers în gol, W	365	93,2	141,9
Pierderi în scurtcircuit, W	2456	278,7	225,9
Constanta de timp, h	3,9	5,6	5,0
Supratemperatura uleiului la partea superioară a cuvei la sarcina nominală, °C	46,5	37,5	34,5
Rezultatele încercărilor de îmbătrînire			
Sarcina de încercare (în procente din sarcina nominală)	200	200	200
Temperatura medie în punctul cel mai cald al înfășurărilor la sarcina de încercare (în °C)	191	174,32	167,61
Viteza medie de îmbătrînire în timpul încercării (în unități de serviciu — u.s./h)	1070	218,4	133,4
Durata de funcționare pînă la defectare (în h), la temperaturi mai mari sau egale cu 110°C în punctul cel mai cald	120	505	1132,5
Durata de funcționare probabilă la $T = 110$°C (în u. s.)	128 000	110 292	151 076
Durata de viață probabilă la o viteză medie de îmbătrînire în exploatare de 0,5 u.s./h (în ani)	29,2	25,18	34,49

O unitate a duratei de serviciu în sistem — u.s. — reprezintă o oră de funcționare la temperatura în punctul cel mai cald al înfășurărilor, de 110°C.

Concluzii

Durata de viață probabilă stabilită prin încercările și calculele menționate s-ar putea să difere de durata de funcționare reală în instalațiile sistemului energetic național, însă determinarea ei asigură un mijloc suplimentar de comparare a diverselor soluții constructive, cînd încercările de îmbătrînire accelerată sînt efectuate în aceleași condiții.

Prin efectuarea probei de îmbătrînire termică accelerată pot fi scoase în evidență deficiențele de concepție, de execuție sau calitatea necorespunzătoare a materialelor utilizate.

Proba de îmbătrînire termică accelerată a arătat că transformatoarele de distribuţie de fabricaţie românească pot să reziste în mod corespunzător la suprasarcini mai mari decît cele menţionate în normativul în vigoare [6], rezultatele experimentale obţinute stînd la baza elaborării punctului de vedere ICEMENERG privind noile condiţii de supraîncărcare a transformatoarelor de distribuţie.

Bibliografie

[1] Cragherd, D. O. şi Erskine, W. A. *Thermal life expectancy of distribution transformers.* În : IEEE—PAS, septembrie 1967, p. 1065—1069.

[2] Rood, R. E. *A method for estimating the thermal life expectancy of distribution transformers.* În : IEEE —PAS, 82, decembrie 1963, p. 1015—1018.

[3] *** *Normativ de încercări şi măsurători la echipamente şi instalaţii electrice.* PE 116—1978.

[4] *** *IEEE Standard test procedure for thermal evolution of oil-immersed distribution transformers.* ANSI — C 57.100, 1974.

[5] *** *Loading guide for oil-immersed transformers.* IEC Recommendation 354, 1972.

[6] *** *Regulament de exploatare tehnică a echipamentelor electrice din distribuţia primară.* PE 126—1973.

(Articol intrat în redacţie la 19 februarie 1980)

Aspecte privind asigurarea protecţiei personalului care execută lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice din R.S.R.

Ing. C. Munteanu *)

Tendinţa pe plan mondial de introducere a lucrului sub tensiune în reţelele electrice face ca tehnologiile de lucru sub tensiune (LST) să nu mai fie privite ca nişte noutăţi şi conduce la adoptarea acestora fără rezerve, din raţiuni economice, într-un număr tot mai mare de ţări industrializate sau în curs de dezvoltare [1]—[8].

Lucrul sub tensiune nu este limitat de valoarea tensiunii de serviciu a reţelelor electrice, aplicîndu-se cu succes atît la reţelele de joasă tensiune, cît şi la cele de medie, înaltă şi foarte înaltă tensiune, în baza unor tehnologii adecvate instalaţiilor pe care trebuie să se intervină.

În ţara noastră tehnologiile de LST în reţelele electrice au deocamdată o arie de aplicare mai restrînsă, urmînd să se aplice şi în viitorul apropiat numai în instalaţiile de joasă şi înaltă tensiune.

Protecţia personalului care execută lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice de joasă şi înaltă tensiune

Asigurarea protecţiei personalului care execută lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice este realizată pe mai multe planuri şi priveşte măsuri care se aplică personalului, folosirea unor tehnologii de LST adecvate instalaţiilor, proiectarea şi realizarea unor scule şi dispozitive corespunzătoare pentru LST, încercarea profilactică, întreţinerea şi conservarea sculelor şi dispozitivelor folosite în aceste instalaţii şi formarea personalului.

Testarea psihomedicală şi tehnică şi formarea personalului

În ţara noastră se pune problema ca personalul care execută lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice să fie supus unei selecţionări riguroase, care face obiectul unei testări psihologice şi tehnice după trecerea examenului medical special [9], [12].

Testarea psihologică are în vedere specificul lucrului numai în instalaţiile electrice sub tensiune şi faptul că individul (electricianul) care execută lucrări în aceste instalaţii trebuie să fie conştient în permanenţă că se găseşte în apropierea nemijlocită a unor părţi sub tensiune sau că el însuşi se găseşte la potenţialul unor părţi din instalaţii. În aceste condiţii el trebuie să ţină seama că o manevră greşită în aceste instalaţii poate conduce la producerea unor defecţiuni în reţea sau la accidentări.

Examenul medical clinic şi de laborator la care este supus personalul de execuţie permite selecţionarea în echipele de LST a unor indivizi perfect sănătoşi. În mod obligatoriu examenul medical conţine examenul cardiovascular, inclusiv înregistrarea EKG şi examenul neurologic, cunoscînd că acestea pot da indicii mult mai sigure asupra stării sănătăţii indivizilor.

În componenţa echipelor de LST în instalaţiile electrice (în special pe LEA de înaltă tensiune) sînt preferaţi muncitorii tineri, avîndu-se în vedere efortul fizic deosebit depus la anumite lucrări, cum este cazul deplasării la înălţime pe stîlpii liniilor electrice aeriene sau folosirea de scule şi dispozitive mai dificil de manevrat.

Testarea tehnică urmăreşte selecţionarea unor muncitori (electricieni) cu un bagaj de cunoştinţe tehnice care să permită acumularea unor noţiuni noi cerute de aplicarea tehnologiilor de LST în instalaţiile electrice.

Personalul de execuţie selecţionat pentru efectuarea de LST în baza testării psihomedicale

*) Ing. C. Munteanu este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG.

și tehnice urmează un stagiu de pregătire teoretică și practică pentru cunoașterea tehnologiilor de LST pe care le va aplica în instalațiile electrice pentru care este instruit (de joasă sau de înaltă tensiune). În timpul stagiului se pune un accent deosebit pe executarea de către electricieni a operațiilor (manevrelor) solicitate de tehnologiile de LST, în poligoane speciale de instruire (dotate cu elemente de rețele fără tensiune și sub tensiune), pînă la executarea fără nici o greșeală a operațiilor respective.

Trebuie să se menționeze că există o concepție care are din ce în ce mai mulți adepți, în legătură cu folosirea echipelor instruite pentru LST numai la lucrări în instalații în funcțiune. În aceste condiții, în cazuri de excepție aceste echipe pot executa lucrări în instalații scoase de sub tensiune, considerîndu-le însă sub tensiune și intervenind în consecință prin folosirea tehnologiilor de LST. Se poate afirma cu destulă certitudine că această concepție va fi adoptată fără rezerve în viitorul apropiat și în țara noastră, în scopul ameliorării condițiilor de securitate a muncii la lucrările de exploatare a instalațiilor electrice.

Acțiunea de testare psihomedicală a personalului care execută LST în țara noastră va fi fondată pe rezultatele unor cercetări medico-psihologice pentru elaborarea criteriilor medico-psihologice de selecție a electricienilor din sectorul energetic ce lucrează în instalații electrice sub tensiune, începute în anul 1979 și care urmează să se finalizeze în anul 1981.

Tehnologiile de lucru sub tensiune

În instalațiile electrice sub tensiune se pot folosi cele trei metode de LST cunoscute în prezent: lucrul „în contact", lucrul „la distanță" și lucrul „la potențial".

Folosirea uneia sau a altei metode de lucru este impusă în primul rînd de nivelul de tensiune al instalației în care urmează să se intervină și în al doilea rînd de condițiile specifice de acces în instalații, care sînt determinate, de fapt, de parametrii geometrici ai acestora.

În condițiile executării de lucrări după metoda „în contact", lucrătorul intervine asupra elementelor instalației sub tensiune cu ajutorul uneltelor sau dispozitivelor izolate, folosind mijloace de protecție clasice.

În cazul lucrului după metoda „la distanță", lucrătorul păstrează față de elementele conductoare ale instalației o distanță mai mare decît distanța minimă de apropiere, stabilită prin instrucțiuni speciale de protecție a muncii pentru executarea de lucrări în instalațiile electrice sub tensiune. Aici lucrătorul operează cu ajutorul sculelor și dispozitivelor montate în capătul de lucru al prăjinilor electroizolante sau frînghiilor electroizolante.

La executarea de lucrări după metoda „la potențial", lucrătorul este pus la potențialul elementelor conductoare asupra cărora intervine; în acest caz, el păstrează față de elementele conductoare care se află la un potențial diferit de al său o distanță mai mare decît „distanța de apropiere".

Lucrul sub tensiune este caracteristic la toate tipurile de instalații electrice de joasă tensiune, respectiv linii electrice aeriene și subterane, posturi de transformare și instalații ale abonaților, pe cînd în cazul instalațiilor de înaltă tensiune se folosește în general la intervenția asupra liniilor electrice aeriene a căror scoatere de sub tensiune poate afecta consumatori industriali deosebit de importanți.

Realizarea de lucrări sub tensiune în instalațiile electrice este condiționată de existența unui sortiment minim de scule și dispozitive caracteristice celor trei metode de LST care se utilizează și care sînt prevăzute în tabelul informativ de mai jos.

Denumirea	Denumirea metodei		
	în contact	la distanță	la potențial
Scule și dispozitive	Scule cu mînere electroizolante Protectoare electroizolante pt. conductoare și izolatoare Covoare electroizolante Ecrane electroizolante	Prăjini electroizolante de lucru specializate Prăjini electroizolante suport și tiranți Prăjini electroizolante cu capete universale Scule adaptabile la prăjinile cu capete universale Scări electroizolante Protectoare electroizolante pt. conductoare și izolatoare	Prăjini electroizolante suport și tiranți Scări electroizolante sau platforme telescopice electroizolante Funii electroizolante Dispozitive pentru echipotențializare Scule și dispozitive obișnuite
Mijloace individuale de protecție	Cizme electroizolante Mănuși electroizolante Cască de protecție electroizolantă Ochelari de protecție Centură de protecție	Cizme electroizolante Mănuși electroizolante Cască de protecție electroizolantă Ochelari de protecție Centură de protecție	Costum de ecranare electrostatică Ochelari de protecție pentru arcul electric Încălțăminte cu talpa electroconductoare Centură de protecție

După o analiză sumară se poate trage concluzia că personalul care execută lucrări în instalaţii electrice sub tensiune este protejat împotriva accidentărilor în mod diferit, în funcţie de metoda de lucru pe care o foloseşte.

Trebuie remarcat faptul că lucrul „în contact" reprezintă metoda cea mai des folosită în instalaţiile electrice de joasă tensiune sub tensiune, ţinînd seama că se poate aplica în majoritatea instalaţiilor şi în orice condiţii de acces. Acest lucru a contribuit la adoptarea fără rezerve în R.S.R. a acestei metode pentru LST în instalaţiile electrice de joasă tensiune.

Se poate observa cu uşurinţă că protejarea personalului care lucrează după metoda de LST „în contact" este asigurată de izolaţia electrică a sculelor folosite, de protectoarele electroizolante plasate peste părţile instalaţiilor sub tensiune cu care poate veni în contact operatorul, precum şi de mijloacele individuale de protecţie ale operatorului.

Lucrul „la distanţă" este metoda de LST care se foloseşte mai puţin în instalaţiile electrice de joasă tensiune, fiind caracteristică reţelelor electrice de medie tensiune şi folosindu-se într-o măsură mai mică în reţelele electrice de înaltă tensiune (în general pînă la 110 kV). Protejarea lucrătorului care intervine după această metodă este asigurată în primul rînd de distanţa minimă de apropiere pe care o păstrează lucrătorul faţă de elementele sub tensiune (în funcţie de nivelul de tensiune al instalaţiei pe care intervine). De asemenea lucrătorul este protejat de către prăjinile electroizolante folosite, prin calităţile lor electrice şi mecanice deosebite şi lungimea necesară a acestora, care este dictată de nivelul de tensiune al instalaţiei în care se lucrează.

Lucrul după metoda „la potenţial" este principala metodă de lucru sub tensiune folosită în reţelele electrice de înaltă tensiune începînd cu 110 kV şi în exclusivitate în reţelele electrice cu tensiuni mai mari de 400 kV. Aplicarea acestei metode este condiţionată de posibilitatea accesului (evoluării) operatorilor pe stîlpii LEA în spaţiul dintre două faze vecine sau între stîlp şi o fază, în deplină securitate, păstrînd distanţa minimă de apropiere faţă de elementele sub tensiune (prevăzută pentru nivelul de izolaţie al instalaţiei pe care se intervine).

Protejarea lucrătorului care acţionează după metoda „la potenţial" este asigurată de izolaţia electrică conferită de structurile electroizolante din care sînt constituite scările şi scăunelele electroizolante folosite de operatori şi de forma constructivă a acestora. Trebuie amintit că la realizarea acestora se adoptă soluţii constructive care fac practic imposibilă apropierea lucrătorului pus la potenţialul unei faze, la o distanţă mai mică decît distanţa minimă de apropiere de elemente aflate la alt potenţial (celelalte faze sau structura metalică a stîlpilor liniei electrice aeriene).

La lucrul „la potenţial", atît lucrătorii aflaţi la potenţialul fazelor, cît şi cei aflaţi la potenţialul structurii metalice a stîlpilor trebuie să poarte în mod obligatoriu echipament de protecţie pentru ecranare electrostatică. Acesta este constituit din costum cu glugă din ţesătură cu inserţie metalică, încălţăminte cu talpă electroconductoare şi ochelari de protecţie, iar costumul trebuie să fie prevăzut cu un dispozitiv de legare electrică la potenţialul elementelor metalice cu care vine în contact direct purtătorul costumului.

Pentru protejarea lucrătorilor, indiferent de metoda de lucru sub tensiune folosită, accesul în zona LEA şi intervenţia asupra elementelor sub tensiune ale instalaţiilor respective sînt interzise în condiţii atmosferice nefavorabile (ceaţă deasă, descărcări atmosferice şi vînt puternic), deoarece în acest caz nu se poate efectua un control riguros al operaţiilor impuse de tehnologiile de LST [10].

În ţara noastră, pentru efectuarea de lucrări în instalaţii electrice de joasă tensiune sub tensiune se foloseşte metoda „în contact", iar în instalaţiile de înaltă tensiune este prevăzut să se aplice metoda „la potenţial" pe LEA de 400 kV, cu precădere şi pe LEA de 220 şi 110 kV, acolo unde geometria instalaţiilor permite efectuarea de LST în deplină siguranţă după metoda respectivă. Metoda „la distanţă" urmează să se aplice pe LEA de 110 şi 220 kV la care nu este posibilă intervenţia după metoda „la potenţial".

Pentru distanţa minimă de apropiere, D, stabilită prin instrucţiunile speciale de protecţie a muncii pentru LST din ţara noastră, sînt prevăzute următoarele valori, în funcţie de tensiunile nominale ale instalaţiilor electrice pe care se intervine :

U_N kV	D cm
0,380/0,220	30
110	110
220	160
400	250

Sculele şi dispozitivele pentru LST

Sculele şi dispozitivele folosite la lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice diferă în mod esenţial între ele, după metoda de lucru folosită la lucrări [10].

Sculele şi dispozitivele respective, asigură, prin sistemele de acţionare de care dispun, o funcţionare corespunzătoare în cazul aplicării unor eforturi minime (normale) din partea lucrătorilor şi o protecţie sigură împotriva

electrocutării, prin izolaţia electrică de care dispun.

În ţara noastră, pentru izolaţia electrică a sculelor folosite la LST după metoda „în contact", în instalaţiile de joasă tensiune, s-a ales o soluţie originală : acoperirea electroizolantă este constituită din două straturi de PVC, de culoare diferită, obţinute prin imersarea sculelor metalice (a unor porţiuni ale acestora) în masa lichidă electroizolantă. După depunerea fiecărui strat electroizolant de PVC cu grosimea dorită, sculele se introduc într-un cuptor electric unde se obţine polimerizarea stratului respectiv la temperatura de 180°C.

Cele două straturi electroizolante ale sculelor metalice conferă în mod cert un plus de siguranţă lucrătorilor care le folosesc, deoarece primul strat (stratul-suport) reprezintă izolaţia de siguranţă, iar următorul strat este izolaţia de lucru şi este supusă uzurii. Pe parcursul executării lucrărilor este relativ uşor de observat uzura izolaţiei de lucru a sculelor şi, în momentul în care pe suprafaţa izolaţiei apare culoarea primului strat, sculele respective se retrag din dotare şi se trimit la recondiţionat în atelierele speciale de reparaţii [10].

Ţinînd seama de condiţiile specifice „de şantier" în reţelele electrice, respectiv de posibilitatea de deteriorare prin lovire sau cădere de la înălţime a sculelor, s-a introdus ca probă de tip şi de lot verificarea rezistenţei mecanice la lovire a stratului electroizolant, executată conform STAS 2851—73.

Încercările pe epruvete din tablă acoperită cu două straturi electroizolante au arătat că acestea corespund prevederilor STAS, obţinîndu-se deformarea plastică a tablei de oţel şi a „peliculei de izolaţie".

În mod suplimentar, epruvetele încercate la lovire au fost supuse încercării electrice, constatîndu-se că nici o epruvetă n-a străpuns în zona de lovire, ci s-au produs doar conturnări electrice la tensiuni între 15 şi 19 kV.

De asemenea, o serie de epruvete simulatoare de scule şi scule propriu-zise, acoperite cu două straturi electroizolante, au fost încercate la lovire în diverse zone (atît în partea superioară, cît şi în porţiunile cu striaţiuni ale mînerelor) şi au corespuns prevederilor standardului de încercare. În mod suplimentar, epruvetele şi sculele încercate au fost supuse încercării electrice, fără să se observe străpungerea peliculei electroizolante după aplicarea tensiunii de 4 kV timp de un minut. Crescîndu-se tensiunea de încercare, s-au produs străpungeri ale izolaţiei la tensiuni mai mari de 15 kV.

Încercările la lovire combinate cu încercările electrice ale sculelor electroizolante au confirmat o fiabilitate deosebit de ridicată a acestora în exploatare şi deci o protecţie sigură a personalului care le foloseşte.

La executarea de lucrări după metoda „la distanţă", sculele şi dispozitivele folosite sînt concepute şi realizate numai pentru efectuarea unui anumit gen de operaţii şi se montează în capul unor prăjini electroizolante.

Prăjinile electroizolante pentru LST trebuie realizate în mod obligatoriu din tuburi din răşini sintetice armate cu fibră de sticlă şi umplute în interior cu spumă de poliuretan. O astfel de realizare asigură o greutate simţitor redusă a prăjinilor şi conferă deci o manevrare mai uşoară a sculei pe care o deservesc.

Realizarea prăjinilor electroizolante pentru LST este reglementată prin documentele elaborate de Comitetul de studii nr. 78 CEI, care prevăd în acest scop numai prăjini de tipul celor menţionate mai sus. Încercările electrice şi mecanice de tip, de serie şi individuale (prevăzute de CEI), la care sînt supuse prăjinile electroizolante, fac ca acestea să confere viitoarelor scule de LST o siguranţă deosebită în exploatare.

În ţara noastră s-au elaborat proiectele şi s-a trecut la realizarea prototipurilor pentru un anumit număr de scule şi dispozitive specializate pentru LST, după o concepţie originală, dar în deplină concordanţă cu prevederile documentelor Comitetului nr. 78 CEI.

Dintre principalele prăjini electroizolante care urmează să intre în dotarea echipelor de LST din ţara noastră se pot menţiona următoarele :

Denumirea	Lungime nominală m	Diametru mm
Prăjină cu capete universale	3,6	39×2,5
Prăjină cu cîrlig	3,6	39×2,5
Prăjină cu cleşte de apucat	2,4	39×2,5
Prăjină cu pompă de ulei	2,4	39×2,5
Prăjină port-tijă pătratică cu cardan	2,3	39×2,5
Prăjină port-tijă pătratică cu unghi variabil	3,0	39×2,5

Se consideră că aceste prăjini, împreună cu sculele adaptabile la prăjina cu capete universale, vor asigura majoritatea operaţiilor necesare la LST după metoda „la distanţă" în reţelele electrice de 110 kV, acolo unde nu se va putea aplica lucrul după metoda „la potenţial" (este vorba în special de schimbarea izolatoarelor defecte şi de lucrări de revizie ale LEA).

În ceea ce priveşte sculele şi dispozitivele pentru LST după metoda „la potenţial", problema comportă două aspecte : sculele clasice folosite fac parte din producţia curentă de scule din ţară ; sculele şi dispozitivele specializate fie s-au importat, fie s-au proiectat şi se realizează în ţara noastră, folosindu-se prăjini şi frînghii electroizolante din import.

Principalele dispozitive specializate folosite în țara noastră pentru LST după metoda „la potențial" sînt următoarele:

— dispozitive electroizolante pentru detensionarea lanțurilor de izolatoare de susținere la LEA de 110—400 kV;

— scări electroizolante;

— scăunel electroizolant;

— cărucior păsitor.

Încercarea sculelor, întreținerea și conservarea lor

Asigurarea protecției împotriva accidentărilor personalului de execuție pentru LST este condiționată în bună măsură de starea sculelor și dispozitivelor specifice lucrului sub tensiune [10].

Sculele și dispozitivele electroizolante de LST în instalațiile electrice de joasă tensiune sînt astfel realizate încît nu necesită încercări electrice profilactice pe parcursul folosirii lor. Verificarea individuală (cu ocazia fabricării) a izolației electrice a sculelor electroizolante constă din verificarea la tensiunea de ținere la frecvența industrială, tensiunea de încercare aplicîndu-se progresiv cu circa 1 kV/s, pînă la atingerea tensiunii de 4 kV, care se menține timp de 1 minut.

Trebuie menționat că simpla examinare vizuală a izolației electrice a sculelor, înainte de efectuarea lucrărilor în instalațiile electrice sub tensiune, și constatarea integrității celor două straturi de acoperire electroizolantă (neobservîndu-se culoarea primului strat — stratul suport) asigură cu deplină certitudine protecția utilizatorilor. În caz contrar, sculele respective se retrag imediat din dotare și se trimit la atelierele autorizate de reparații.

Cu toate acestea, mijloacele de protecție individuală, respectiv mănușile electroizolante și încălțămintea electroizolantă sînt supuse, în afara verificărilor vizuale curente înaintea efectuării lucrărilor, încercărilor profilactice periodice. Periodicitatea acestor încercări este de 6 luni și ele constau din încercări electrice de izolație care se efectuează în laboratoarele autorizate.

Sculele, dispozitivele și echipamentele speciale pentru LST folosite în instalațiile electrice de înaltă tensiune din țara noastră au un regim special în ceea ce privește încercarea, întreținerea și conservarea acestora datorită complexității lor.

Sculele clasice folosite la LST după metoda „la potențial" nu pun probleme deosebite de întreținere și conservare, iar în caz de deteriorare ele se înlocuiesc cu altele din fabricația curentă.

Nu același lucru se poate afirma despre dispozitivele electroizolante folosite la lucrul după metoda „la potențial" și despre sculele și dispozitivele electroizolante în cazul metodei „la distanță", cărora li se acordă o atenție deosebită, starea lor fiind urmărită în permanență de utilizatori, pe baza prescripțiilor fișelor tehnice întocmite pentru acestea.

Sculele și dispozitivele electroizolante din dotarea personalului pentru LST în instalațiile electrice de înaltă tensiune sînt supuse încercărilor electrice profilactice, periodicitatea încercărilor fiind indicată în tabelul următor, conform instrucțiunilor speciale de protecție a muncii pentru LST [12]:

Denumirea	Tipul încercărilor	Durata maximă de folosire între două încercări succesive
Mănuși electroizolante	Încercări de izolație (după curățire)	6 luni
Încălțăminte electroizolantă (cizme, galoși etc.)	Idem	6 luni
Frînghii electroizolante	Idem	1 an
Prăjini, tiranți, scări electroizolante etc.	Idem	1 an

Sculele și dispozitivele găsite necorespunzătoare la încercări sînt retrase imediat din dotarea personalului și trimise la atelierele speciale pentru reparații, autorizate în acest scop.

Încercările electrice profilactice ale sculelor și dispozitivelor electroizolante realizate pe bază de prăjini și tije electroizolante se efectuează conform prevederilor din fișele tehnice ale sculelor respective și reprezintă în esență încercarea individuală electrică în stare uscată a prăjinilor și tijelor electroizolante conform NID 13—1978—MEE, care este în deplină concordanță cu recomandările documentelor Comitetului de studii nr. 78—CEI [13].

Încercarea electrică profilactică se efectuează aplicînd o tensiune alternativă de 100 kVef la doi electrozi metalici elastici plasați pe prăjini sau pe tija de încercat, la distanța de 300 mm, și care este menținută constantă cu ajutorul unui dispozitiv izolant adecvat, iar sistemul de electrozi deplasîndu-se în lungul prăjinii sau tijei electroizolante, cu o viteză de 5 m/s.

Prăjinile și tijele încercate se consideră corespunzătoare dacă acestea, în timpul încercării, țin la tensiunea de încercare aplicată între electrozi, fără se se producă conturnări sau străpungeri.

Semnificativ este faptul că, pe parcurs, dacă se observă de către utilizatori anumite deteriorări ale părților electroizolante (prăjinilor sau tijelor) ale unor scule sau dispozitive, acestea trebuie dirijate imediat spre atelierele speciale de reparații.

Verificarea stării funcționale la începerea lucrului, a sculelor și dispozitivelor de LST, reprezintă o obligație permanentă a persona-

lului de execuţie şi contribuie la creşterea gradului de siguranţă pentru lucrători (electricieni) şi pentru instalaţiile electrice sub tensiune asupra cărora se intervine.

Transportul sculelor şi dispozitivelor de LST (la locul de muncă, în instalaţii), folosirea, întreţinerea şi păstrarea lor trebuie efectuate conform fişelor tehnice ale acestora, respectarea prevederilor respective conducînd la eliminarea, practic, a tuturor cauzelor posibile de deteriorare.

Concluzii

Trecerea la efectuarea de lucrări în instalaţiile electrice sub tensiune reprezintă o îmbunătăţire substanţială a condiţiilor de securitate a muncii la lucrările de exploatare a instalaţiilor electrice.

În R. S. România se pune problema generalizării lucrului sub tensiune în instalaţiile de joasă tensiune, folosindu-se metoda „în contact", şi a efectuării de lucrări sub tensiune în instalaţiile electrice (LEA) de înaltă şi foarte înaltă tensiune, folosindu-se metodele de lucru „la distanţă" şi „la potenţial".

Testarea psihomedicală şi tehnică, precum şi formarea personalului reprezintă factori esenţiali pentru executarea de LST în deplină securitate în reţelele electrice.

În ţara noastră există tehnologii de LST în instalaţiile electrice de joasă tensiune şi de înaltă tensiune, care se aplică pe bază de instrucţiuni tehnologice pentru diverse lucrări în instalaţii şi instrucţiuni speciale de protecţie a muncii, acestea contribuind la diminuarea riscului de accidentare a personalului.

Sculele şi dispozitivele care se vor folosi la lucrări în instalaţiile electrice sub tensiune din ţara noastră conferă un grad ridicat de siguranţă personalului care le foloseşte, prin concepţie şi realizare, respectiv prin calităţile lor electrice şi mecanice. Aceasta se explică prin calităţile deosebite ale izolaţiei electrice a sculelor şi dispozitivelor electroizolante şi supunerea lor la încercări mecanice şi electrice în cursul fabricaţiei extrem de pretenţioase şi care nu permite nici un fel de dubii ulterioare în exploatare.

Încercarea profilactică a sculelor şi dispozitivelor de LST, întreţinerea şi conservarea lor au o importanţă covîrşitoare în asigurarea unor condiţii de lucru în deplină securitate a personalului şi sînt reglementate prin instrucţiunile speciale de protecţie a muncii.

Bibliografie

[1] Rorden, H. L. şi Hubard, H. *500 — live line maintenance.* În : IEEE Tr. PAS 85, nr. 6, 1966.

[2] Grjaznov, G. J. *Arbeiten unter Spannung an elektrischen Hochspannungsleitungen.* În : Energetiker (U.R.S.S.), nr. 4, 1968.

[3] Locker, L. *Improved techniques for medium voltage live line working.* În : Electrical Review, nr. 3, 1968, p. 183.

[4] *** Publication 520—UTE. *Instruction générale pour l'éxécution des travaux sous tension sur les réseaux de distribution d'énergie électrique.*

[5] Mies, H. *Arbeiten an unter Spannung stehenden Freileitungen.* În : Elektrizitätswirtschaft. nr. 4, 1972.

[6] Karoly, L. *A feszültseg alatti muncavegzes es biston-sagi vonatkozasai.* În : Munkavedelm (R.P.U.), 23, nr. 7, 1977.

[7] Chapman A. C. *Live line working on medium voltage systems in New South Wales Australia.* Int. Conf. Electr. Distrib. London, 1977, Part 1.

[8] Rostislav T. *Predpisy proprace pod napetim.* În : Elektrotechnik (R.S.C.), 34, nr. 2, 1979.

[9] *** M.E.E. *Regulament pentru executarea lucrărilor sub tensiune în instalaţiile electrice de joasă tensiune.*

[10] *** *Introducerea lucrului sub tensiune în reţelele electrice din RSR.* Lucrare de cercetare ICEMENERG—1977—1979.

[11] *** *Tubes isolants remplis de mousse et tiges isolantes pleines pour travaux sous tension* (projet). În : CEI, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980.

[12] *** M.E.E. *Regulament pentru executarea lucrărilor sub tensiune la LEA de 110—400 kV.*

[13] *** M.E.E. — NID 13/978. *Prăjini şi tije electroizolante pentru lucrul sub tensiune. Condiţii tehnice de calitate.*

(Articol intrat în redacţie la 21 ianuarie 1980)

CRONICA

Concluziile Consfătuirii cu tema „Economisirea și gospodărirea rațională a energiei electrice și termice"

În perioada 16—18 aprilie 1980 a avut loc la Piatra Neamț — Săvinești Consfătuirea cu tema „Economisirea și gospodărirea rațională a energiei electrice și termice", organizată de Ministerul Energiei Electrice în colaborare cu Centrala industrială de fire și fibre chimice Săvinești.

Consfătuirea a dezbătut direcțiile de acționare pentru aducerea la îndeplinire a sarcinilor rezultate din documentele Congresului al XII-lea al P.C.R. privind reducerea mai accentuată a consumurilor de energie și combustibili, astfel ca în deceniul 1981—1990 să se asigure o diminuare cu minimum 40% a indicelui mediu de consum energetic la 1000 lei producție industrială, iar pînă în anul 2000 să se reducă acest indice de cel puțin 2,6 ori față de 1980.

La consfătuire au participat peste 320 de energeticieni din întreprinderi, centrale industriale, institute de cercetare și proiectare, cadre din învățămîntul superior, precum și din ministere și alte organe centrale.

Au fost prezentate 42 comunicări și au avut intervenții la discuțiile din ședințele de lucru peste 50 de participanți.

S-a organizat vizitarea Combinatului de fibre sintetice Săvinești, cu care ocazie participanții la consfătuire au luat cunoștință de principalele realizări referitoare la gospodărirea energetică a acestei importante platforme chimice.

Numărul mare al participanților la consfătuire, al comunicărilor și al intervențiilor a demonstrat interesul deosebit și preocuparea continuă a lucrătorilor din toate sectoarele de activitate pentru soluționarea la un nivel superior a problemelor cu care se confruntă energetica industrială din țara noastră.

Din materialele prezentate și din dezbateri au rezultat următoarele concluzii mai importante :

1. Reducerea consumurilor de energie electrică, energie termică și de combustibili, încadrarea strictă în cotele aprobate, trebuie să devină o preocupare de fond a energeticienilor și a tehnologilor din toate unitățile industriale.

2. Se impune promovarea cu mai multă hotărîre a progresului tehnic pentru modernizarea și perfecționarea echipamentelor industriale, a proceselor și liniilor tehnologice, în vederea reducerii consumurilor energetice. Dintre numeroasele posibilități ce trebuie avute în vedere, se menționează :

— generalizarea instalațiilor de stingere uscată a cocsului experimentate la C.S. Galați și la celelalte combinate siderurgice ;

— reducerea cantităților de gaze arse la facle în industria chimică și metalurgică, pînă la limitele strict impuse de procesele tehnologice ;

— scurtarea proceselor de fabricație. Prin eliminarea fazei de uscare la obținerea fibrei melană, în CFS Săvinești, au rezultat însemnate reduceri ale consumurilor de abur, energie electrică și apă pentru diluare ;

— modernizarea sistemelor de reglare a turației motoarelor electrice prin utilizarea tiristoarelor, ceea ce asigură reducerea consumului de energie electrică cu pînă la 20%. Folosind acționări cu convertizoare cu tiristoare la laminoare în cadrul C.S. Galați, s-au obținut economii de energie electrică de circa 10—12 mil. kWh/an ;

— modernizarea sistemelor de iluminat din halele industriale. Prin instalarea la Țesătoria de bumbac Baia Mare a unui sistem de iluminat fluorescent, utilizînd elemente spațiale modulate, care conțin și circuite electrice gata montate, au rezultat importante economii de metal, îmbunătățindu-se condițiile de iluminare, cu consumuri mai reduse de energie electrică ;

— modernizarea unor cuptoare industriale și a recuperatoarelor de căldură prin îmbunătățirea geometriei diverselor elemente, majorarea suprafețelor de schimb de căldură, îmbunătățirea izolației termice și montarea de recuperatoare la cuptoarele industriale ; aplicarea acestor măsuri la Fabrica de sticlă și faianță Sighișoara a condus la reducerea consumurilor energetice cu 12—15%. Prin utilizarea schimbului de căldură în curent alternant zigzagat la tratarea termică a prefabricatelor din beton, se reduce consumul de combustibil cu circa 12 kg.c.c./m ^{3}, se scurtează durata de tratare cu circa 4 ore și se asigură recuperarea integrală a condensatului ;

— extinderea cercetărilor privind gazeificarea lignitului, în vederea înlocuirii unor importante cantități de gaze naturale folosite în prezent în industrie pentru procese energetice ; în acest scop s-a propus o colaborare între M.I.Ch. și M.E.E. pentru realizarea unei instalații de gazeificare pe platforma Govora.

3. La fundamentarea economică a deciziilor privind promovarea investițiilor noi și a modernizărilor obiectivelor industriale pentru alegerea soluțiilor energetice optime, se recomandă să se aplice criteriul „cheltuielilor totale actualizate", prevăzut în normativul MEE PE—011/1980.

4. Este necesar să se acționeze mai ferm pentru realizarea programelor de recuperare și valorificare a resurselor energetice secundare inventariate, la care s-au înregistrat importante rămîneri în urmă :

— trebuie promovate soluții de recuperare a căldurii gazelor de ardere rezultate la diverse cuptoare, pentru producerea de abur în cicluri de termoficare. O asemenea soluție, aplicată la cuptoarele de tras geamuri de la Întreprinderea de geamuri Mediaș, conduce la o economie de combustibil de circa 6500 t c.c./an, cu o recuperare a investițiilor în mai puțin de 3 ani ;

— în marile unități consumatoare de gaze naturale trebuie analizate posibilitățile de recuperare a energiei potențiale de destindere a gazelor. Prin introducerea unui ciclu cu turbină cu gaze de detentă la CFS Săvinești, investiția inițială se va recupera în 4—5 ani ;

— se impune, de asemenea, studierea valorificării energiei potențiale a apelor de răcire industriale.

O turbină hidraulică cuplată cu un generator asincron, care se va monta la CFS Săvinești în acest scop în anul 1981, va produce anual circa 1 900 000 kWh.

5. O soluție eficientă pentru recuperarea căldurii cu potențial scăzut a apelor de răcire o constituie utilizarea pompelor de căldură.

Adoptarea tipului de pompe de căldură (cu compresor sau cu absorbție) trebuie să aibă la bază un calcul tehnico-economic fundamentat.

Prin introducerea la CFS Iași a unei pompe de căldură de 5 Gcal/h cu absorbție cu bromură de litiu, pentru asigurarea apei calde pentru vopsitorii, se va obține o economie de combustibil de 2800 t c. c./an.

— Folosirea compresoarelor de abur pentru realizarea unor presiuni intermediare necesare diverșilor consumatori din industria chimică conduce la o reducere a consumului de combustibil cu 25—30% față de soluția cu cazane de abur.

6. Optimizarea alimentării cu căldură a platformelor industriale și a consumatorilor urbani din zonă, prin promovarea termoficării, care conduce la importante economii de combustibil. Astfel, în cazul zonei Săvinești—Piatra Neamț, prin realizarea unei CET pe cărbune echipată cu grupuri de termoficare de 50 MW și prin valorificarea completă a resurselor energetice secundare rezultate în procesele tehnologice, s-ar obține o economie de combustibil de 186—376 mii t c. c./an, față de variantele cu centrale termice.

7. În scopul reducerii pierderilor de energie electrică și al creșterii siguranței în funcționare, trebuie optimizate schemele de alimentare cu energie electrică a consumatorilor industriali. Astfel, schema cu racord adînc în buclă cu patru posturi de transformare, în cazul alimentării unei fabrici de prefabricate din BCA, s-a dovedit mai eficientă față de schema cu racord central la un singur post de transformare ;

— pentru reducerea pierderilor de energie în rețelele electrice și combaterea efectelor regimului deformant produs de unii consumatori industriali trebuie instalate echipamente de filtrare—compensare de tipul celor construite de ICPE-București și montate de I. T. Republica, I. T. Roman, I.M.E. Iași, F. C. Tașca etc. ;

— perfecționarea sistemelor de compensare a factorului de putere prin utilizarea bateriilor de condensatoare cu reglare automată care se livrează de Întreprinderea Electrotehnica-București.

8. Bilanțurile energetice trebuie să devină în mod real un instrument de lucru permanent în scopul raționalizării și economisirii energiei de toate formele, utilizîndu-se pe scară mai largă calculatoarele electronice ; în acest scop se impun, printre altele, următoarele :

— furnizorii de echipamente și instalații să predea la beneficiari caracteristicile de consumuri energetice ale acestora, în vederea utilizării lor în cadrul bilanțurilor de proiect și la elaborarea bilanțurilor reale și optime în exploatare ;

— bilanțurile de proiect, obligatorii pentru toate investițiile noi, să se elaboreze pe bază de programe de calcul, așa cum se procedează curent în cadrul ICPE, IPROLAM, ICEMENERG ;

— tehnologii trebuie să participe activ alături de energeticieni la elaborarea și reactualizarea bilanțurilor energetice ;

— bilanțurile energetice trebuie să se finalizeze cu programe de măsuri care să asigure funcționarea instalațiilor în regimuri optime din punct de vedere energetic.

9. Să se îmbunătățească sistemele de măsurare a consumurilor de energie electrică, termică și de combustibili, care să asigure urmărirea consumurilor energetice pe întreprindere, secții și linii tehnologice.

10. Se recomandă ca industria constructoare de mașini să asigure asimilarea și producția de serie a unui număr mai mare de aparate, echipamente și instalații energetice cu randamente ridicate și care să contribuie la economisirea energiei și combustibililor, și anume :

— să se studieze asimilarea unor turbine cu gaze și hidraulice de mică putere, care să permită valorificarea energiei potențiale a gazelor naturale, a diverselor gaze reziduale, precum și a apelor de răcire industriale ;

— să se îmbunătățească calitatea și să se asigure o gamă mai largă de separatoare (oale) de condensat ;

— să se dezvolte capacitățile de producție a cazanelor recuperatoare, a preîncălzitoarelor de aer și altor echipamente necesare, conform programelor de valorificare a resurselor energetice secundare ;

— să se introducă în fabricația de serie și să se treacă la utilizarea în fază industrială a pompelor de căldură și tuburilor termice, pentru recuperarea căldurii de potențial scăzut rezultată din procesele industriale ;

— să se accelereze producerea de cazane de abur și apă fierbinte de debite mici, cu ardere a cărbunelui în pat fluidizat ;

— să se extindă gama de instalații monobloc de tratare a apei de alimentare a cazanelor de abur și apă caldă de debite reduse ;

— să se asigure necesarul de contoare trifazice de energie activă de tipul CA 43 S și de contoare cu indicator de maxim pentru racordare la transformator de măsură, asimilate, dar a căror producție nu satisface cerințele consumatorilor ;

— să se asimileze următoarele aparate de măsură :

a) contor trifazic pentru energie activă cu dublu cadran și două indicatoare de maxim ;

b) contor trifazic pentru energie activă cu dublu cadran, indicator de maxim cifric și transmitere de impulsuri cu clasă de precizie 0,5 și 1, împreună cu contorul totalizator de impulsuri cu înregistrator grafic cu indicator de maxim tip MAXIPRINT, pentru marii consumatori cu mai multe căi de alimentare ;

— să se urgenteze producția de serie a contoarelor de căldură, în gama de debite și în cantitățile necesare pentru toate categoriile de consumatori ;

— să se diversifice gama de armături și dispozitive pentru reglarea proceselor termice, a robinetelor de calorifer cu prereglaj și a celor termostatate.

11. Industria materialelor de construcții trebuie să asigure materiale termoizolante în sortimente și cantități corespunzătoare necesităților din industrie și construcții, să se introducă în fabricație materiale termoizolante noi cu caracteristici superioare, deoarece în prezent se înregistrează rămînerea în urmă în acest domeniu față de realizările din alte țări. S-a menționat faptul că îmbunătățirea izolației termice a clădirilor permite reducerea consumului de combustibili pentru încălzire cu circa 11—15% la locuințele colective și cu 25—30% la locuințe individuale ;

— se recomandă să se asimileze în producție materiale pentru etanșarea geamurilor și ușilor la construcții industriale și la locuințe.

12. Să se studieze posibilitățile de implementare a termoviziunii (teledetecție pe bază de radiații infraroșii), ca metodă modernă pentru depistarea și evaluarea pierderilor de căldură prin izolațiile termice ale instalațiilor și construcțiilor.

13. Optimizarea exploatării sistemelor de termoficare urbană și industrială conduce la importante economii de combustibil. În acest sens este necesar :

— să se execute, pe bază de studii și măsurători, diafragmarea corectă a rețelelor primare și secundare de apă fierbinte. Prin executarea acestei măsuri, în Municipiul Oradea s-a realizat o bună echilibrare hidraulică și termică a sistemului de termoficare, s-au obținut importante economii de energie electrică la pomparea apei și s-a redus consumul specific de combustibil pentru producerea energiei electrice în CET ;

— să se generalizeze contorizarea energiei termice și reglajul automat al parametrilor agenților termici în punctele termice ;

— să se introducă cea de-a treia treaptă de reglaj în sistemele de termoficare urbană ;

— să se generalizeze în toate sistemele de termoficare urbană schema de preparare a apei calde menajere „în două trepte-serie" ;

— să se înlocuiască aburul cu apa fierbinte în sistemele de încălzire și ventilație. O soluție economică pentru încălzirea halelor mari o reprezintă panourile radiante, care, față de soluția cu aeroterme, necesită consumuri energetice cu circa 20% mai reduse ;

— să crească nivelul de preocupare pentru gospodărirea condensatului, prin prevederea celor mai adecvate tipuri de separatoare (oale) de condensat și întreținerea corespunzătoare a acestora, utilizarea schemelor de returnare „în circuit închis", evitarea impurificării condensatului, în care se recomandă folosirea transformatoarelor de abur și recuperarea căldurii aburului de expandare (secundară) și a condensatului.

14. Față de importanța care se acordă în prezent preocupărilor pentru economisirea și gospodărirea rațională a energiei, se constată o rămînere în urmă în asigurarea cadrelor cu pregătire energetică (mai ales în specialitatea termoenergetică). Pentru rezolvarea acestei importante probleme, consfătuirea a scos în evidență următoarele :

— în cadrul învățămîntului de toate gradele să se organizeze cursuri generale și de specialitate cu tematici privind economisirea și folosirea rațională a energiei și a combustibililor ;

— să se acorde o pondere mai mare pregătirii de cadre medii (școli profesionale și licee) cu specialitatea electro și termoenergetică industrială ;

— să se organizeze un număr mai mare de cursuri de reciclare și perfecționare a energeticienilor și tehnologilor din întreprinderile industriale pe teme privind economisirea energiei, atît în centrele de perfecționare a lucrătorilor, cît și prin cursuri postuniversitare ;

— să se reorganizeze sectoarele energetice din unele întreprinderi industriale.

15. Se consideră necesară îmbunătățirea activității de informare,documentare și schimb de experiență în domeniul energeticii generale și industriale prin :

— reactualizarea și punerea la dispoziția lucrătorilor din unitățile industriale a instrucțiunilor, prescripțiilor și celorlalte acte normative care privesc economisirea și gospodărirea rațională a energiei și combustibililor ;

— editarea de către unitățile producătoare de aparate, armături, utilaje și echipamente energetice, a unor prospecte și cataloage complete, care să cuprindă și elemente privind consumurile energetice, care să stea la baza elaborării bilanțurilor energetice de proiect ;

— organizarea periodică a unor consfătuiri și schimburi de experiență privind gospodărirea rațională a energiei.

Consfătuirea a recomandat ministerelor și celorlalte organe centrale să analizeze concluziile prezentate mai sus și să acționeze pentru aplicarea, dezvoltarea și generalizarea experiențelor pozitive, în scopul reducerii mai accentuate a consumurilor energetice, corespunzător sarcinilor trasate de Congresul al XII-lea al P.C.R.

Comitetul de organizare

Lista comunicărilor prezentate la Consfătuirea cu tema „Economisirea și gospodărirea rațională a energiei electrice și termice"

Piatra Neamț — Săvinești, 16—18 aprilie 1980

1. C. Mihăileanu (ICEMENERG) : Realități și perspective în energetica industrială.
2. Aurica Vizitiu (CFS Săvinești) : Rolul și răspunderea organizațiilor de partid și ale FDUS în mobilizarea oamenilor muncii pentru economisirea și gospodărirea rațională a energiei și combustibililor.
3. D. Preda (ICEMENERG) și Gr. Iorgulescu (M.E.E.) : Concluziile juriului la concursul de creație științifică și tehnică, organizat de C.C. al U.T.C., sub genericul „Viitorul începe azi", cu tema : optimizarea energetică a unei platforme industriale.
4. M. Suvelea și D. Zafiu (Institutul de economie industrială) : Aspecte metodologice cu privire la implicațiile economice generate de ridicarea randamentelor de extracție a combustibilor energetici.
5. M. Nistor (ISPE) : Fundamentarea economică a investițiilor noi și modernizărilor efectuate în scopul realizării economiei de energie.
6. E. Costin (ISPE) : Efectele aplicării orei de vară în România în anul 1979.
7. M. Ioniță (M.I.M) : Măsuri luate în cadrul M.I.M. pentru economisirea și gospodărirea rațională a combustibililor și energiei electrice și termice.
8. T. Ispas, M. Mihăilescu, C. Stănășilă, E. Dorfman, M. Florică și E. Schenfeld (ICPMC) : Cercetări privind reducerea consumurilor specifice de energie la fabricarea unor materiale de construcții.
9. F. Mercea (IPIU) : Căi de reducere a consumurilor de energie în industria ușoară.
10. A. Andreescu (CIPEET) : Acțiuni pentru economisirea energiei electrice și termice în cadrul M.E.E.—CIPEET.
11. I. Râulescu (ICPE) : O metodologie pentru elaborarea bilanțului electric de proiect.
12. L. Preda și E. Bîrlădeanu (I.P. Iași) : Considerații privind reducerea consumurilor electrice, în unele întreprinderi industriale, rezultate din practica întocmirii bilanțurilor.
13. V. Știrbu și E. Voinea (I.P. Iași) : Considerații privind reducerea consumurilor termice, în unele întreprinderi, rezultate din practica întocmirii bilanțurilor.
14. D. Zama și G. Curteanu (I.E. Constanța) : Utilizarea bilanțurilor energetice ca mijloc important pentru optimizarea proceselor energetice și economisirea energiei electrice și a combustibililor.
15. D. Potlog, V. Rugină și I. Crăciun (ICEMENERG) : Influența gradului de încărcare asupra bilanțului electroenergetic al motoarelor asincrone.
16. V. Chirsanov (IE Craiova) : Consumurile proprii de energie electrică în centralele electrice de termoficare pe cărbune, căile de diminuare a acestora — o problemă majoră a întregului colectiv de oameni ai muncii.
17. H. Albert și A. Mihăilescu (ISPE) : Aspecte privind consumul tehnologic în rețele și măsurile de reducere a acestuia.
18. A. Poeată, D. Ivas, V. Alexandrescu, Gh. Cîrțină, M. Ilinca și G. Georgescu (IP Iași) : Rezultate și preocupări în cercetarea căilor de reducere a pierderilor de energie în instalațiile electroenergetice.
19. Gh. Iordache, C. Eftimie și D. Soare (ICPMC) : Sporirea eficienței de utilizare a energiei electrice în unitățile industriei materialelor de construcții.
20. Th. Tomescu (IPIU) : Reducerea consumului de energie electrică prin perfecționarea tehnologiilor de fabricație și montaj a instalațiilor de iluminat fluorescent în industria textilă.
21. M. Checiulescu, Al. Chitian, C. Poiană, J. Cotnăreanu, Y. Enăchescu și D. Dobrescu (ICPE) : Echipamente de filtrare-compensare pentru consumatorii industriali deformanți.
22. Gh. Vișoiu și D. Bugaru (IPROLAM) : Preocupări în cadrul IPROLAM-București pentru reducerea consumului de energie electrică în uzinele și secțiile de laminare.
23. S. Antoniuc (IRE Iași) : Evidențierea posibilităților de economisire a energiei electrice la consumatorii casnici.

24. S. Stavăr, O. Ostache, M. Iosef și F. Ritzinger (C. S. Galați) : Preocupări pentru raționalizarea consumului de energie primară și valorificarea resurselor energetice pe platforma Combinatului siderurgic Galați.
25. P. Hîrsescu, M. Costea și M. Ionescu (IE Galați) : Aspecte ale valorificării resurselor energetice secundare de pe platforma CSG la CET Galați.
26. N. Andrieș (CFS Săvinești) : Recuperarea energiei potențiale a gazelor naturale comprimate și a apelor reziduale din cadrul CFS Săvinești.
27. Al. Florescu, N. Burchiu, T. Dragomir și M. Ghițulescu (ICEMENERG) : Instalații de recuperare a căldurii-deșeu cu pompe de căldură ; stabilirea soluțiilor tehnologice și a efectelor energetice și economice.
28. D. Peretz, Gh. Dumitrașcu și D. Silvestru (I.P. Iași) : Posibilități de recuperare a căldurii-deșeu de la turnurile de răcire cu pompe de căldură cu absorbție, cu soluție de Br-Li.
29. D. Costache (CFS Iași): Instalații frigorifice prin absorbție în soluție brom-litiu-H_2O.
30. P. Enăchescu (IITPIC) : Compresoarele de abur — pompe de căldură și reducerea consumului de energie.
31. C. Bilegan (ICEMENERG) : Tuburi termice — o tehnologie modernă pentru recuperarea căldurii.
32. I. Grigoriu (IITPIC) : Valorificarea resurselor energetice secundare de nivel energetic coborît pentru încălziri urbane.
33. A. Ștefănescu (ISPE) : Procedee noi privind recuperarea căldurii la I. G. Mediaș.
34. C. Florea (CFS Săvinești) : Reducerea consumurilor energetice la obținerea fibrei melană prin dizolvarea polimerului cu un conținut mare de umiditate.
35. I. Nistor și col. (ICSITEEMR) : Cazan cu ardere în strat fluidizat a combustibililor solizi inferiori — soluție economică eficientă de valorificare a resurselor energetice naționale.
35. L. Fendrihan, M. Vasilescu, E. Hristescu și D. Nadă (ICSITEEMR) : Dezvoltarea unei game de instalații monobloc de tratare a apei pentru alimentarea cazanelor, factor important în economisirea energiei termice.
37. O. Țuțuianu (M.E.E.) : Aspecte privind gospodărirea rațională a condensatului în industrie.
38. C. Filimon, V. Covaci și V. Doncea (ICPMC) : Gospodărirea rațională a condensatului în industria materialelor de construcții.
39. N. Niculescu, M. Voinea, N. David și C. Corcodel (ISPE) : Optimizarea alimentării cu căldură a zonei Piatra Neamț-Săvinești.
40. I. Balogh (IE Oradea) : Rezultatele obținute în exploatarea rețelei și instalațiilor de termoficare urbană-industrială în Municipiul Oradea.
41. C. Baltac (IE Constanța) : Perfecționarea reglării automate a parametrilor apei fierbinți în sistemele de termoficare.
42. I. Hunyady (INCREST) și O. Țuțuianu (M.E.E.) : Aplicații ale termoviziunii la controlul instalațiilor energetice, în vederea reducerii pierderilor de căldură.

RECENZII

Asupra prevederilor normativului privind limitarea regimului deformant, PE 143/80

Elaborat de ICEMENERG și aprobat prin Ordinul nr. 1290/1979 al M.E.E., normativul privind limitarea regimului deformant în rețelele sistemului electroenergetic (PE 143/80) a intrat în vigoare începînd cu data de 1 martie 1980. Este de reținut că, deși preocupările specialiștilor români se înscriu în activitatea de pionierat al acestui domeniu, normativul la care ne referim nu are un precedent, acesta constituind prima redactare a unei reglementări tehnice oficiale unitare în domeniul efectelor regimului deformant și al căilor de limitare a acestora în rețelele sistemului electroenergetic românesc.

Desigur că înaintea apariției acestui normativ, în țara noastră, în afara literaturii tehnice de specialitate, au apărut unele reglementări sporadice și mai puțin fundamentate în legătură cu nivelurile limită admise ale parametrilor regimului deformant (astăzi depășite), dar care au fost departe de a se constitui într-un normativ.

Amintim în acest sens indicatorul denumit *coeficientul de deformare* al unei mărimi nesinusoidale, definit, conform prescripțiilor STAS 1893—50 (65). Este însă dovedit faptul că acest mod de apreciere (prin coeficientul de deformare) a formei unei unde nesinusoidale introduce erori foarte mari, care ajung uneori pînă la 50%.

Prima prevedere prescripțională M.E.E. din țara noastră, în legătură cu limitarea regimului deformant în rețelele sistemului electroenergetic, apare în PE 124/72 (*Normativ privind alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali și similari*), revizuit și reactualizat prin PE 124/78.

În acest normativ, la capitolul ce tratează limitarea influențelor receptoarelor consumatorilor asupra funcționării sistemului electroenergetic, este luat în considerare un singur parametru al regimului deformant, *coeficientul de distorsiune* (δ), definit ca raportul dintre valoarea eficace a reziduului deformant (U_d) și valoarea eficace a undei de tensiune (U) :

$$\delta = \frac{U_d}{U} ; \quad U_d = \left(\sum_{k=2}^{n} U_k^2 \right)^{1/2} , \qquad (1)$$

în care U_k este valoarea eficace a armonicii de rangul k

Coeficientul de distorsiune (δ), definit conform (1), este limitat la maximum 5%. Este de reținut că acest coeficient a fost adopttat drept criteriu de caracterizare a unei unde periodice nesinusoidale, încă din 1947, de către Comitetul internațional pentru studiul fenomenelor reactive și deformante.

Normativul PE 124/72 (78) are în vedere un coeficient de distorsiune total, rezultat atît din funcționarea receptoarelor consumatorului, cît și din condițiile din sistemul electroenergetic. Pentru calcule practice, normativul precizează că rangul armonicilor poate fi limitat la $n = 13$.

Noul normativ PE 143/80 privind limitarea regimului deformant are în vedere doi parametri ai regimului deformant pe care îi limitează ca mărime. Primul parametru este coeficientul de distorsiune al tensiunii (δ_u) definit ca și în (1), cu deosebirea că reziduul deformant (U_d) nu se mai raportează la valoarea eficace a undei de tensiune (U), ci la valoarea eficace a fundamentalei :

$$\delta_u = \frac{U_d}{U_1} ; \quad U_d = \left(\sum_{k=2}^{n} U_k^2 \right)^{1/2} \qquad (2)$$

Pentru nevoile practice, rangul armonicilor este limitat la $n = 25$, ceea ce, evident, este mai corect sub aspectul practic al apariției armonicilor decît în cazul în care n se limita la 13, așa cum este prevăzut în PE 124/1978.

În punctele de delimitare (definite conform normativului PE 124/78) sau — după caz — în punctele de racord, δ_u % este limitat la valori diferențiate, funcție de tensiunea nominală U_N a rețelei de alimentare: 2, 4 și 3 % pentru tensiunea de sub 1 kV, 1—35 kV și, respectiv, mai mare sau cel puțin egală cu 110 kV.

Normativul a devenit așadar mai exigent față de prevederile mai vechi, așa cum s-au prezentat aici, în privința valorii limită δ_u %. Aceasta corespunde într-adevăr cu realitatea practică a fenomenelor din instalațiile sistemului electroenergetic românesc și, în același timp, cu valorile admise de majoritatea țărilor lumii ce posedă sisteme electroenergetice dezvoltate.

Subliniem faptul că era totuși necesar ca normativul să precizeze expres că valorile-limită admise pentru δ_u % se referă la valori totale rezultate atît din funcționarea receptoarelor consumatorului, cît și din condițiile din sistemul electroenergetic.

Este de remarcat faptul că între δ definit prin (1) și δ_u definit prin (2) există relația:

$$\delta = \frac{U_d}{U} = \frac{U_d}{\sqrt{U_1^2 + U_d^2}} = \frac{\delta_u}{\sqrt{1 + \delta_u^2}}; \quad \delta < \delta_u \qquad (3)$$

Deoarece $\delta_u \ll 1$, rezultă $\delta_u \approx \delta$. Aceasta înseamnă că, pentru distorsiuni mici, cele două definiții coincid. Se poate arăta că, pentru $\delta_u < 0{,}3$, egalitatea $\delta_u = \delta$ conduce la o eroare mai mică de 1,5 %.

Al doilea parametru luat în considerare de PE 143/80 privind regimul deformant este *nivelul armonicilor de tensiune* (γ_{uk}) definit prin relația:

$$\gamma_{uk} = \frac{U_k}{U_1}, \qquad (4)$$

care U_k este valoarea eficace a armonicii considerate, iar U_1 valoarea eficace a fundamentalei.

Între nivelurile armonicilor de tensiune (γ_{uk}) definite prin (4) și coeficientul de distorsiune al tensiunii (δ_u) definit prin (2) rezută imediat relația:

$$\delta_u = \frac{\left(\sum_{k=2}^{n} U_k^2\right)^{1/2}}{U_1} = \left(\sum_{k=2}^{n} \gamma_{uk}\right)^{1/2} \qquad (5)$$

Valoarea acestui parametru (γ_{uk}), exprimată procentual, este normată la valori diferențiate atît în funcție de tensiunea nominală U_N a rețelei de alimentare, cît și în funcție de rangul armonicii (armonicile impare 3—13, impare 15—25 și pare 2—24).

În normativ sînt prescrise valori speciale ale parametrului γ_{uk} % pentru tracțiunea electrică feroviară.

Normativul nu limitează expres parametrul *nivelul armonicilor de curent* (γ_{ik}), dar precizează necesitatea urmăririi sistematice, în cadrul măsurătorilor ce se efectuează pentru stabilirea nivelului regimului deformant, a acestui parametru, care urmează a se norma pe baza unor concluzii fundamentate.

În cadrul normativului la care ne referim, sînt prescrise și măsurile pentru prevenirea și limitarea regimului deformant. Pentru prevenirea apariției regimului deformant, caracterizat prin niveluri ale parametrilor caracteristici (δ_u % și γ_{uk} %) ce depășesc limitele admise, sînt prescrise măsuri cu caracter general, măsuri specifice cuptoarelor electrice cu arc și măsuri specifice redresoarelor. Aceste măsuri sînt gîndite a fi luate încă din faza de proiectare a consumatorilor ce dețin receptoare deformante din prima categorie.

În același context normativul prescrie necesitatea verificării posibilității apariției regimului deformant: verificarea parametrilor regimului deformant și verificarea posibilității apariției fenomenului de rezonanță armonică.

În cadrul măsurilor pentru limitarea regimului deformant este prescrisă necesitatea instalării filtrelor de armonici în sistemul mixt de filtrare — compensare a energiei reactive.

Cu toate că în anexa 3 a normativului, în care se fac precizări în legătură cu alegerea și dimensionarea filtrelor, se expun dezavantajele filtrelor de refulare (cu bobină de dezacordare), totuși utilizarea acestora este recomandată la subcapitolul 4.2.

Precizăm că utilizarea filtrelor de refulare trebuie făcută cu multă precauție și numai în cazul bateriilor de condensatoare de putere mică și la instalații vechi, existente, la care adoptarea bobinelor de dezacordare este într-adevăr mai ușor realizabilă.

Aceasta deoarece aceste filtre, refulînd armonicile de curent în sistemul electroenergetic, contribuie la creșterea distorsiunii diverselor trepte de tensiune în sistem și în același timp se creează condiții, insuficient cunoscute la ora actuală, de producere a unor avarii grave.

În sfîrșit, normativul se ocupă, dar într-o proporție redusă, de măsurarea energiei în regim deformant, ca și de măsurarea parametrilor regimului deformant (cu analizorul de armonici și oscilograful cu hîrtie).

Este de subliniat faptul că măsurători precise ale parametrilor regimului deformant se realizează în ultimul timp cu o aparatură foarte diversă. În cadrul acestora, δ_u % și δ_i % se măsoară direct și precis cu ajutorul distorsiometrelor de diverse tipuri.

Normativul se încheie cu trei anexe, foarte utile pentru cei ce se ocupă de problemele regimului deformant, și care dau indicații privind determinarea armonicilor de tensiune, calculul frecvenței de rezonanță armonică, al supratensiunilor armonice, al supraîncărcării condensatoarelor, alegerea și dimensionarea filtrelor de armonici.

Semnalăm faptul că la anexa 3, la punctul 1 a, este vorba de *filtre de absorbție*, și nu de *refulare*, așa cum probabil dintr-o eroare de tipărire a apărut în normativ.

Trecerea în revistă a conținutului normativului PE 143/90, cu precizările pe care le-am considerat ca necesare, atestă faptul că, pentru electroenergeticieni, lucrarea este de o deosebită utilitate.

În primul rînd avem un normativ a cărui lipsă s-a făcut foarte simțită în ultimul timp.

Necesitatea normativului a fost impusă de proliferarea tot mai mare în sistemul electroenergetic românesc a consumatorilor ce dețin receptoare pronunțat neliniare, consecință firească a creșterii și dezvoltării economico-industriale a țării.

Aplicarea acestui normativ, și ca urmare experiența ce se va acumula în anii următori, desigur că vor permite îmbunătățirea lui.

Avem în vedere în acest sens, pe lîngă îmbunătățirea acestui normativ, și necesitatea unor îndrumare și metodologii de proiectare și, desigur, a unor prescripții STAS.

Ceea ce credem că trebuie remarcat, în plus, la conținutul acestui normativ, este faptul că el înglobează munca unor înaintași de seamă ai electrotehnicii românești, ca acad. C. I. Budeanu, prof. dr. doc. ing. I. S. Antoniu ș. a. care au făcut operă de pionierat în domeniul regimului deformant, începînd cu clasificarea elementelor deformante, puterea deformantă, factorul de putere în regim deformant ș. a. și terminînd cu realizarea primului aparat din lume pentru măsurarea concomitentă a puterii active, reactive și deformante (PQD-metrul).

În final subliniem meritul ICEMENERG, care, după experimentări, studii și o profundă documentare făcută pe durata mai multor ani, a reușit să finalizeze o lucrare cu caracter de act normativ și îndrumare, de o strictă necesitate.

Ing. **Romulus Sfichi**

EUGENE F. ADIUTORI. **The New Heat Transfer** (Transferul de căldură nou) Editura Ventuno,Cincinnati, Ohio, S.U.A.

Lucrarea a apărut în anii 1974—1976 și este în trei volume, însumînd circa 750 pagini. Volumele 2 și 3 au ca subtitluri : „Cercetare și dezvoltare", respectiv „Proiectarea și analiza echipamentului".

După cum precizează însuși autorul, cartea a fost scrisă pentru ingineri și profesori, precum și pentru oricine se interesează de știință ; ea este o încercare de descriere a transferului de căldură nou și a aplicării acestuia și este destinată celor familiarizați cu transferul de căldură „vechi".

Se afirmă, în prefața la volumul întîi, că se prezintă un „concept" nou — o cale nouă de a gîndi — despre transferul de căldură, o metodă nouă de corelare a datelor experimentale și baze noi pentru proiectarea echipamentelor destinate transferului de căldură.

Față de această imagine generală a lucrării „Transferul de căldură nou", este mai indicat să se prezinte chiar de la început titlurile capitolelor.

Volumul 1

— Prezentarea transferului de căldură nou și privire generală asupra transferului de căldură vechi.
— Rezolvarea problemelor simple în transferul de căldură nou.
— Proiectarea și analiza echipamentului în transferul de căldură nou. Static.
— Introducere la dinamica echipamentului și stabilitatea termică.
— Conducție, radiație și rezistență (termică) în transferul de căldură nou.
— Convecție, răcire peliculară și analiza dimensională în transferul de căldură nou.
— Fierbere, condensație și regimuri în transferul de căldură nou.
— Stabilitate termică. Teorie și aplicație.
— Proiectarea și analiza echipamentului în transferul de căldură nou. Dinamic.

Volumul 2

— Fundamentare nouă.
— Omogenitate dimensională și parametrii de corelare.
— Experimentare și deducție apriorică.
— Proiectarea și realizarea echipamentului.
— Analiza și corelarea datelor.
— Tehnica experimentală.
— Histerezis, repetabilitate, reprezentabilitate.
— Faza 2 (referitor le experimente).
— Apa și aerul.
— Fenomene foarte neliniare.
— Literatura tehnică.

Volumul 3

— Înțelegerea fenomenelor tehnice.
— Interpretarea și îmbunătățirea corelațiilor vechi.
— Proiectarea și analiza termică a schimbătoarelor de căldură cu manta simplă și țevi.
— Proiectarea și analiza termică a echipamentului cu transfer de căldură complex, ca, de exemplu, cazane pentru piscine.
— Proiectarea și analiza termică a echipamentului cu transfer de căldură complex într-o singură fază, în convecție forțată.
— Proiectarea și analiza termică a echipamentului cu transfer de căldură complex în două faze, în convecție forțată.

Diferența principală între transferul de căldură nou și cel vechi constă în faptul că transferul de căldură nou prin convecție se descrie fără coeficientul α ; după cum se știe, coeficientul de convecție termică α a fost introdus în 1701 de Newton și reprezintă funcția necunoscută a tuturor mărimilor fizice (cu excepția diferenței de temperatură) care intervin în calculul densității fluxului de căldură.

Este cunoscut că în prezent se disting trei moduri de transfer al căldurii : conducția, convecția și radiația termică ; ecuațiile fundamentale care le descriu au fost stabilite, respectiv, de Fourier, Newton și Stefan—Boltzman. În transferul de căldură nou, conducția, convecția și radiația termică sînt tratate ca procese de transfer ; pentru descrierea lor se folosește o singură ecuație fundamentală, care exprimă densitatea fluxului de căldură ca produsul dintre funcția proprietăților sistemului fizic și funcția forței termice de acționare (thermal driving force).

O altă modificare în transferul de căldură nou se referă la parametrii care se folosesc pentru descrierea diverselor procese fizice ; spre deosebire de transferul de căldură vechi, în transferul de căldură nou se iau în considerare numai parametrii care se măsoară efectiv. Astfel, de exemplu, studiul transferului de căldură vechi la curgerea forțată, în regim turbulent, prin conducte se face cu ajutorul următoarelor mărimi fizice : densitatea fluxului termic, diametrul conductei, viteza de curgere a fluidului, diferența de temperatură fluid-peretele conductei și caracteristicile fluidului : densitatea, viscozitatea dinamică, conductivitatea termică și căldura specifică. În transferul de căldură nou, se examinează corelarea densității fluxului termic cu următoarele mărimi fizice : diametrul conductei, debitul de fluid care curge prin conductă, temperatura fluidului, diferența de temperatură fluid-peretele conductei și presiunea fluidului. Experimentele arată însă că presiunea fluidului nu influențează densitatea fluxului termic.

În cartea sa, E. F. Adiutori nu folosește metoda analitică la studiul fenomenelor de transfer de căldură ; autorul se bazează în exclusivitate pe metoda experimentală ; prin aceasta se deosebește, de asemenea, de transferul de căldură vechi.

Metoda de studiu pe care o aplică și o preconizează autorul este următoarea : se efectuează experimente, datele experimentale se sistematizează inițial în tabele ; pe baza lor se trasează curbe în sistemul rectangular de coordonate ; aceasta înseamnă că trebuie să se facă un număr relativ mare de experimente pentru stabilirea corelației dintre variabila dependentă și fiecare veriabilă independentă ; de fiecare dată, restul de variabile independente se mențin constante ; se scriu apoi ecuațiile curbelor care s-au obținut ; rezultă relația finală, care este de tip monom. Cu această metodă se obține totodată și valoarea factorului numeric adimensional. Procedeul — care nu este o noutate — conduce la eliminarea din relațiile fizice a tuturor invarianților — Reynolds, Nusselt, Peclet etc. — care se folosesc obișnuit în transferul de căldură vechi.

★

Se consideră utilă informarea despre această carte, în primul rînd a specialiștilor care se ocupă de domeniul transferului de căldură. Problemele tratate în carte se referă, pe de o parte, la cunoștințele științifice și aplicațiile practice, iar pe de altă parte la metoda de cercetare. O asemenea lucrare poate să fie considerată un „eveniment" deoarece preconizează o demarcație netă între trecut și viitor în domeniul transferului de căldură.

Cartea scrisă de E. F. Adiutori poate să determine reacții foarte diverse. Se au în vedere în primul rînd multe dintre afirmațiile autorului, unele neobișnuite, iar altele deosebit de curajoase, ca, de exemplu : „transferul de căldură nou este o știință simplă, în comparație cu transferul de căldură vechi, care este o artă complexă", sau : „legea Fourier care descrie conducția căldurii trebuie să dispară".

★

Autorul cărții preconizează — ca și recenzentul — să se renunțe la coeficientul de convecție termică α (a se vedea „Împotriva coeficientului de schimb de căldură prin convecție α", în: Energetica, XXV, nr. 1, 1977, p. 37—39) : în locul lui să se folosească parametrii care intervin de fapt în producerea transferului de căldură prin convecție.

De asemenea, chiar dacă fundamentările și procedeele sînt diferite, autorul și recenzentul preconizează împreună să se tindă la eliminarea invarianților din relațiile fizice, iar în locul lor să se folosească direct parametrii care descriu fenomenele fizice (a se vedea „Asupra convecției staționare în circulația forțată turbulentă a aerului" în : Studii și cercetări de energetică, VI, nr. 4, 1956, p. 391—401).

★

Prin conținutul său, cartea „Transferul de căldură nou" se recomandă de la sine tuturor celor care au preocupări în acest domeniu. Se consideră că mai ales specialiștii din proiectare ar trebui să cunoască această carte — cu precădere volumul III — pentru eventuala ei folosire în lucrările pe care le elaborează. Pe baza conceptelor și a metodelor noi referitoare la transferul de căldură rezultă soluții noi pentru proiectarea și analiza echipamentelor termice.

Recenzentul a primit de la autor cele trei volume ale cărții.

Dr. ing. **Constantin I. Staicu**

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 620.91.001.5

К. Михэиляну, М. Дума и *С. Феля:* **Вопросы научного исследования, поднятые созданием и реализацией информативных систем в энергетике**

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 309—311

ДК 662.61 : 662.64/66

Шт. Нибеляну, П. Попеску и *А. Прока:* **Экспериментирование на моделях эволюции феномена самозажигания угля, сохраняемого в бункерах и эффективности погашения некоторых веществ, изготовленных в СРР**

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 311—315

ДК 621.322.22/23 : 621.187.15

А. Болма: **Вопросы, возникаемые при использовании HCl, получаемого из органического синтеза при регенерации катионитов на подстанциях по обработке воды в рамках теплоэлектростанций**

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 316—318

ДК 621.311.22/23 + 621.311.21

Д. Михэилеску и *И. Ренця:* **Аспекты, касающиеся возможности работы в островном режиме энергетической площадки в Рымнику Вылча**

Рассматривается вопрос островного режима некоторых групп на тепло- и гидроэлектростанциях, работающих на промышленном потреблении, подчеркивая условия, необходимые для обеспечения непрерывности в снабжении потребителей в островном режиме (для потребительских и генераторных установок).

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 318—327

ДК 621.311.161 : 621.3.018.14

И. Йордэнеску: **Компенсирование коэффициента мощности и ослабление искажающего режима — взаимозависимые действия в современных энергетических системах**

Рассматривается взаимное влияние мероприятий, предпринятых в отдельности для каждой из двух проблем, демонстрируя своевременность и эффективность предприятия одного из совместных мероприятий. Даются и результаты некоторых расчетов, проведенных в этом направлении.

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 327—331

ДК 621.361.261 : 621.316.992

А. Брату и *Р. Энаке:* **Аспекты,касающиеся переходных режимов, которые происходят при переключении батарей конденсаторов**

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 332—337

ДК 357.523.3 : 621.315.624/5

Д. Кристеску, М. Унгуряну и *П. Постолаке:* **Поведение распорок изоляционных цепей при коронных разрядах**

Представляется методология определения уровня помех на изоляционных цепях со специальной ссылкой на их арматуры.

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 337—345

ДК 621.314.2 : 621.3.016.34

К. Молдовяну и *В. Мэнициу:* **Оценка качества распределительных трансформаторов в масле с точки зрения качества**

Прорабатывается вопрос приблизительного определения долговечности распределительного трансформатора румынского производства экспериментальным путем. Метод состоит в том, что один трансформатор подвергают режиму перенагрузки таким образом, чтобы реализовать процесс теплового старения, ускоренного в сравнительно короткий срок.

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 345—349

ДК 621.3.002.5 : 331.7 : 621.3 : 614.8

К. Мунтяну: **Аспекты, касающиеся обеспечения защиты персонала, работающего под напряжением на электрических установках в СРР.**

Energetica 28 (1980), No. 8, стр. 349—354

ХРОНИКА
РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 620.91.001.5

C. Mihăileanu, M. Duma und *S. Felea:* **Fragen der wissenschaftlichen Forschung bei dem Entwurf und der Durchführung informatischer Systeme für die Energiewirtschaft**

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 309—311

DK 662.61 : 662.64/66

St. Nibeleanu, P. Popescu und *A. Proca:* **Modellversuche der Entwicklung der Selbstzündung in Kohlenbunker und der Wirksamkeit einiger rumänischen Löschmittel**

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 311—315

DK 621.311.22/23 : 621.187.15

A. Bolma: **Fragen der Anwendung von HCl aus organischen Synthesevorgängen zur Regeneration der Kationenaustauscher aus den Wasseraufbereitungsanlagen der Wärmekraftwerke**

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 316—318

DK 621.311.22/23 + 621.311.21

D. Mihăilescu und *I. Renţea:* **Mögliche Aspekte des insularisierten Betriebes der energetischen Plattform Rîmnicu Vîlcea**

Es wird die Möglichkeit der Insularisierung einiger Blöcke aus Wärme- und Wasserkraftwerken für Industrieverbrauch besprochen; es werden die Massnahmen hervorgehoben, die zu einer kontinierlichen Energiezufuhr zu den Verbraucher in insulärem Zustand (für verbrauchende und erzeugende Anlagen) notwendig sind.

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 318—327

DK 621.311.161 : 621.3.018.14

I. Iordănescu: **Die Kompensation des Leistungsfaktors und die Verminderung der Oberwellen, voneinander abhängige Massnahmen in den modernen elektrischen Netzen**

Es wird die gegenseitige Beeinflussung der einzelnen erwähnten Massnahmen betrachtet und es wird die Schlussfolgerung, die daraus ergibt, vorgeschlagen, und zwar, die Zweckmässigkeit dass für beide Probleme eine gemeinsame Massnahme zu treffen ist. Sind auch die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen gegeben.

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 327—331

DK 621.361.261 : 621.316.992

A. Bratu und *R. Enache:* **Aspekte des bei der Umschaltung von Kondensatorbatterien auftretenden transitorischen Zustandes**

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 332—337

DK 537.523.3 : 621.315.624/5

D. Cristescu, M. Ungureanu und *P. Postolache:* **Das Verhalten der Isolatorenkettenbügel bei Corona-Entladungen**

Es wird die Bestimmungsmethodologie des Störungsniveaus bei Isolatorenketten, mit speziellem Bezug auf ihren Armaturen, vorgestellt.

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 337—345

DK 621.314.2 : 621.3.016.34

C. Moldoveanu und *V. Manițiu:* **Die Auswertung der Qualität von Verteilertrafos mit Ölisolation vom thermischen Standpunkt**

Es wird die Frage der Annährungsbestimmung der Lebensdauer des rumänischen Verteilungstrafos, anhand einer experimentellen Methode erörtet. Die Methode besteht in dem überbeladenen Betrieb eines Trafos, so dass ein beschleunigter kurzandauernder thermischer Alterungsprozess erreicht wird.

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 345—349

DK 621.3.002.5 : 331.7 : 621.3 : 614.8

C. Munteanu: **Aspekte der Arbeitsschutzmassnahmen bei Arbeiten unter Spannung in den Elektroenergieanlagen aus Rumänien**

Energetica 28 (1980), H. 8, S. 349—354

CHRONIK
REZENSION

SOMMAIRE

CD 620.91.001.5

C. Mihăileanu, M. Duma et *S. Felea:* **Problèmes de recherche scientifique posés par la conception et la réalisation des systèmes informatiques en énergétique**

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 309—311

CD 662.61 : 662.64/66

St. Nibeleanu, P. Popescu et *A. Proca:* **Expérimentation, à l'aide des modèles, de l'évolution du phénomène de combustion spontanée des charbons stockés dans les bunkers et l'efficacité d'extinction de certaines substances fabriquées en Roumanie**

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 311—315

CD 621.311.22/23 : 621.187.15

A. Bolma: **Problèmes posés par l'utilisation de l'acide chlorhydrique résulté des synthèses organiques à la régénération des échangeurs des cations dans les postes de traitement de l'eau des centrales thermo-électriques**

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 316—318

CD 621.311.22/23 + 621.311.21

D. Mihăilescu et *I. Renţea:* **Aspects concernant les possibilités de fonctionnement insulaire de la plateforme énergétique Rîmnicu Vîlcea**

L'insularisation de certains groupes des centrales thermoélectriques et hydroélectriques sur une consommation industrielle fait l'objet de cet article. L'auteur souligne les conditions nécessaires pour assurer l'alimentation continuelle des usagers dans le régime insulaire (pour les installations consumatrices ainsi que pour les générateurs).

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 318—327

CD 621.311.161 : 621.3.018.14

I. Iordănescu: **Compensation du facteur de puissance et atténuation du régime perturbateur, actions interdépendantes dans les systèmes énergétiques modernes**

On examine l'influence réciproque des mesures prises séparément, pour chacun de ces deux problèmes, en démontrant l'efficacité d'une mesure commune à ce propos.

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 327—331

CD 621.361.261 : 621.316.992

A. Bratu et *R. Enache:* **Aspects concernant les régimes transitoires lors de la commutation des batteries de condensateurs**

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 332—337

CD 537.523.3 : 621.315.624/5

D. Cristescu, M. Ungureanu et *P. Postolache:* **Comportement des cadres de la chaîne d'isolateurs à la décharge corona**

On présente la méthodologie à l'aide de laquelle on peut déterminer le niveau perturbateur des chaînes d'isolateurs, avec référence spéciale aux armatures de ceux-ci.

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 337—345

CD 621.314.2 : 621.3.016.34

C. Moldoveanu et *V. Maniţiu:* **Estimation du point de vue thermique de la qualité des transformateurs à huile**

On discute la possibilité de déterminer approximativement la durée de vie du transformateur de distribution réalisé en Roumanie, par une méthode expérimentale. Par cette méthode on soumet le transformateur à un régime de surcharge de telle sorte qu'on réalise un procès de vieillissement thermique accéléré au cours d'une courte période de temps.

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 345—349

CD 621.3.002.5 : 331.7 : 621.3 : 614.8

C. Munteanu: **Etude sur la protection du personnel qui effectue des travaux sous tension dans les installations électriques roumaines**

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 349—354

CHRONIQUE
COMPTE-RENDUS

CONTENTS

DC 620.91.001.5

C. Mihăileanu, M. Duma and *S. Felea:* **Problems of scientific research raised by the conception and execution of informatic systems in energy**

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 309—311

DC 662.61 : 662.64/66

St. Nibeleanu, P. Popescu and *A. Proca:* **Model testing of the self-ignition phenomenon for stored coal and of the extinction efficiency of some romanian substances**

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 311—315

DC 621.311.22/23 : 621.187.15

A. Bolma: **Problems raised by the use of HCl from organic syntheses for regenerating cationites in the water treatment plants from thermal power stations**

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 316—318

DC 621.311.22/23 + 621.311.21

D. Mihăilescu and *I. Renţea:* **Aspects of the insularized operation possibility of the power platform Rîmnicu Vîlcea**

The problem of insularizing some units from thermal and hydroelectric power plants on industrial consumption is discussed outlining the necessary conditions for a continuous supply of the consumers during this insularized operation (for consuming facilities and for the generators as well).

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 318—327

DC 621.311.161 : 621.3.018.14

I. Iordănescu: **Power factor compensation and distorsion state damping, interdependent actions in modern power systems**

The mutual influence of separate measures for one of these two problems is examined; the opportunity and efficiency of a common measure is demonstrated. The results of calculations in this respect are given as well.

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 327—331

DC 621.361.261 : 621.316.992

A. Bratu and *R. Enache:* **Aspects of transients occuring during condenser batteries switching**

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 332—337

DC 537.523.3 : 621.315.624/5

D. Cristescu, M. Ungureanu and *P. Postolache:* **Behaviour of insulator chains frameworks during corona discharges**

The methodology for determining the perturbatory level at insulator chains, with a special reference to their reinforcements is presented.

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 337—345

DC 621.314.2 : 621.3.016.34

C. Moldoveanu and *V. Măniţiu:* **Thermal evaluation of oil insulated distribution transformer quality**

The problem of the approximate life evaluation of a Romanian made distribution transformer by means of an experimental method is discussed. The method consists in applying an overload on a transformer, thus as to achieve an accelerated short-term thermal ageing.

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 345—349

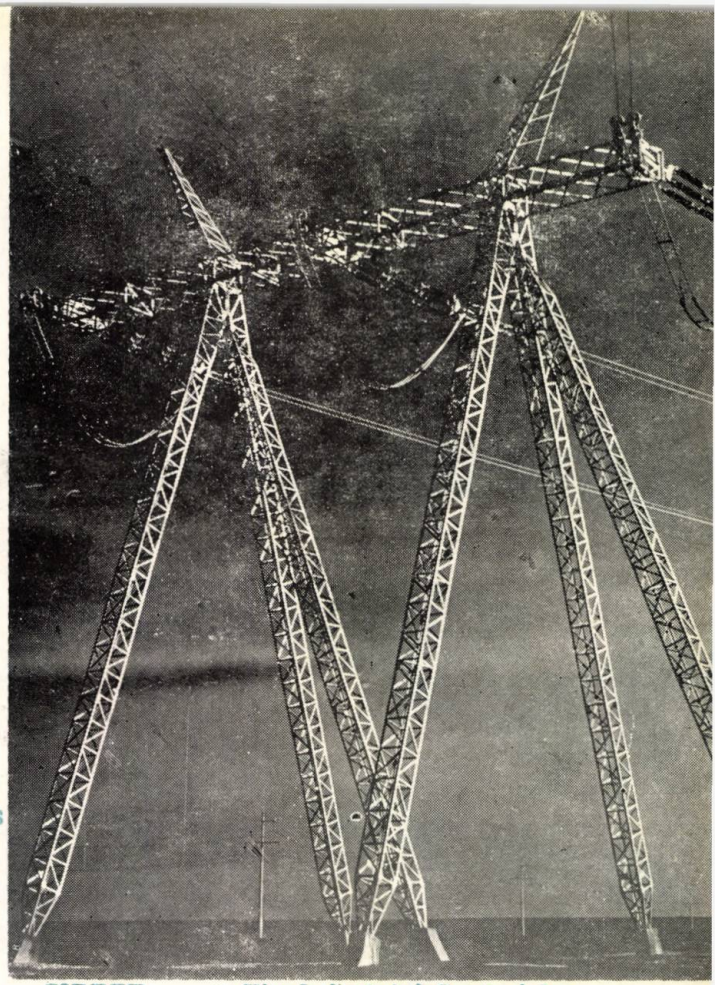
D 621.3.002.5 : 331.7 : 621.3 : 614.8

C. Munteanu: **Labour protection aspects for live line workers in the romanian electrical facilities**

Energetica 28 (1980), nr. 8, p. 349—345

CHRONICS
REVIEWS

ROMELECTRO



ROMELECTRO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning ; the services are performed by the specialized units

ISPE - The Power Study and Design Institute ;

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust ;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

CIRE - The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research and Modernization Institute ;

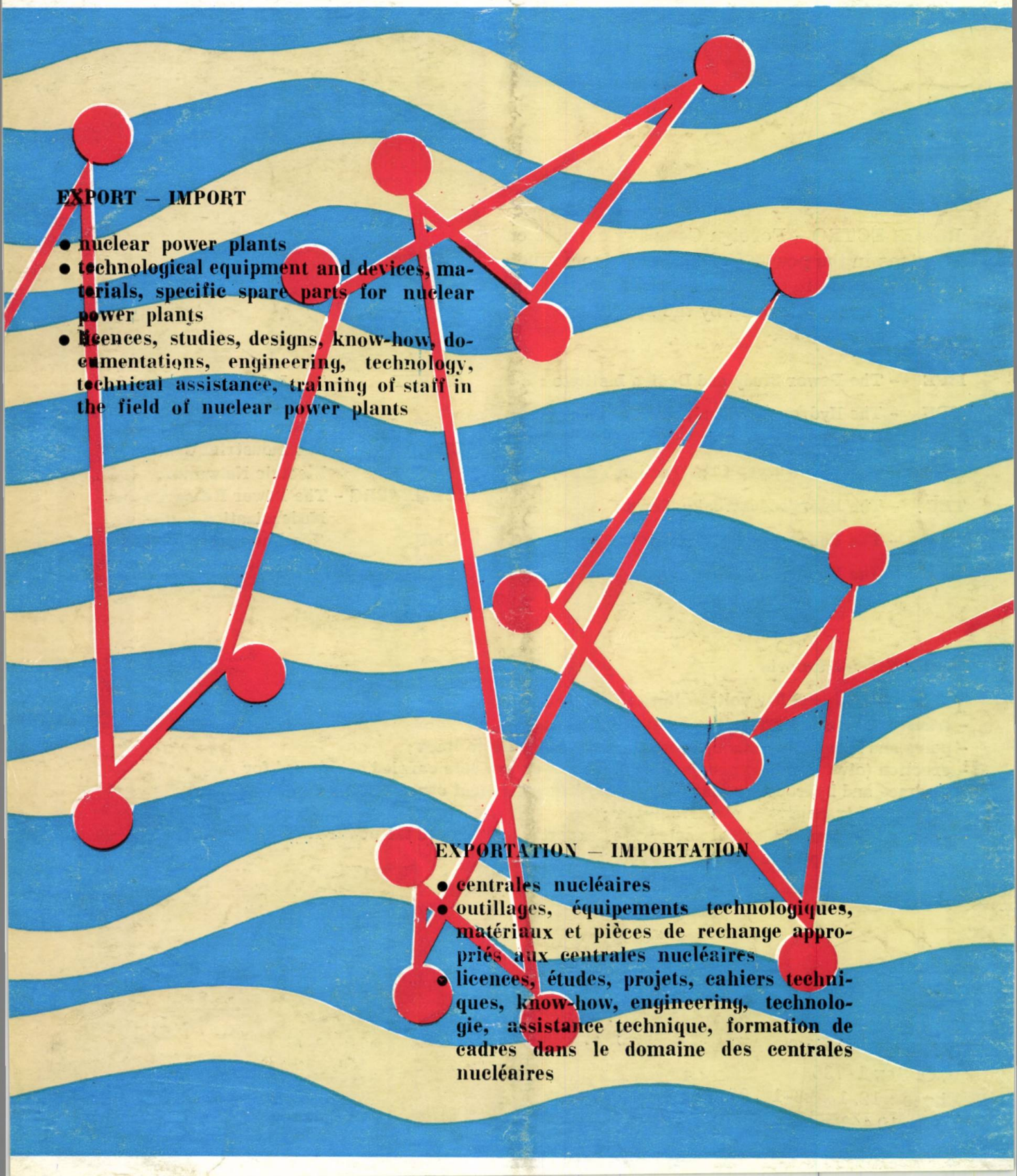
ICMP The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMELECTRO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions etc. export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.

Address

1, Lacul Tei Blvd
BUCHAREST - ROMANIA ;
P. O. Box 1-736
Phone : 12. 13. 26-12. 05. 51
Telex 10 449 rotel r



ROMENERGO

FOREIGN TRADE COMPANY

ROMÂNIA - BUCHAREST
Calea Victoriei 194 - Sector 1
CABLES:
ROMENERGO BUCUREŞTI
P.O. BOX: 22 - 153
TELEX: 011525 romeng r
POSTAL CODE: 71 101

PHONE: 50 66 82

IMPORT-EXPORT IN THE NUCLEAR FIELD

1986 DEC 2 8

EXPORT – IMPORT

- nuclear power plants
- technological equipment and devices, materials, specific spare parts for nuclear power plants
- licences, studies, designs, know-how, documentations, engineering, technology, technical assistance, training of staff in the field of nuclear power plants

EXPORTATION – IMPORTATION

- centrales nucléaires
- outillages, équipements technologiques, matériaux et pièces de rechange appropriés aux centrales nucléaires
- licences, études, projets, cahiers techniques, know-how, engineering, technologie, assistance technique, formation de cadres dans le domaine des centrales nucléaires

E 2039

MW

9

VOLUMUL XXVIII
BUCUREȘTI
SEPTEMBRIE — 1980

energetica

6 12 18 24

ISPH

Institut d'études et projets hydro-énergétiques
29, Bd. Republicii, Bucarest Roumanie ; tél: 14 72 70 ; télex 11—443 i.s.p.h.r

Schémas et projets pour l'aménagement des bassins versants

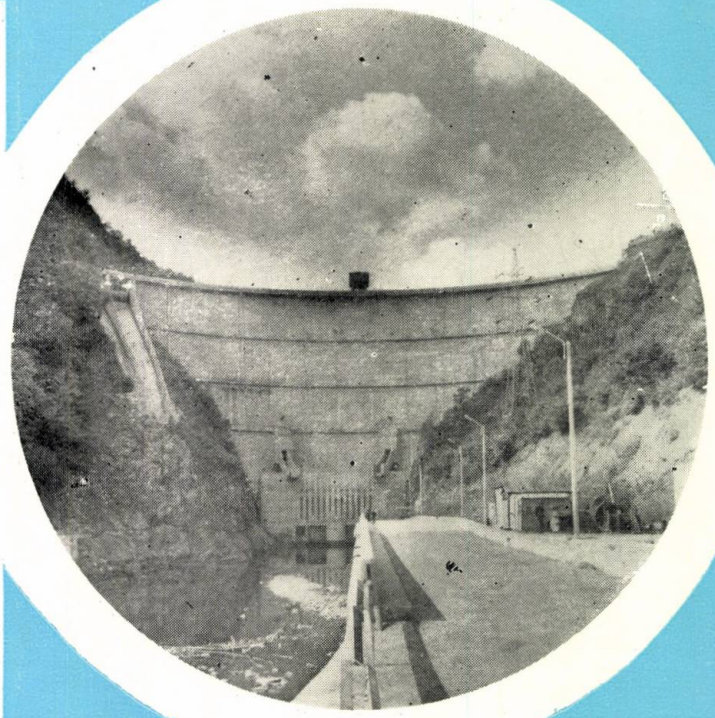
- aménagements hydro-électriques
- aménagements hydrauliques à buts multiples
- constructions hydrauliques spéciales

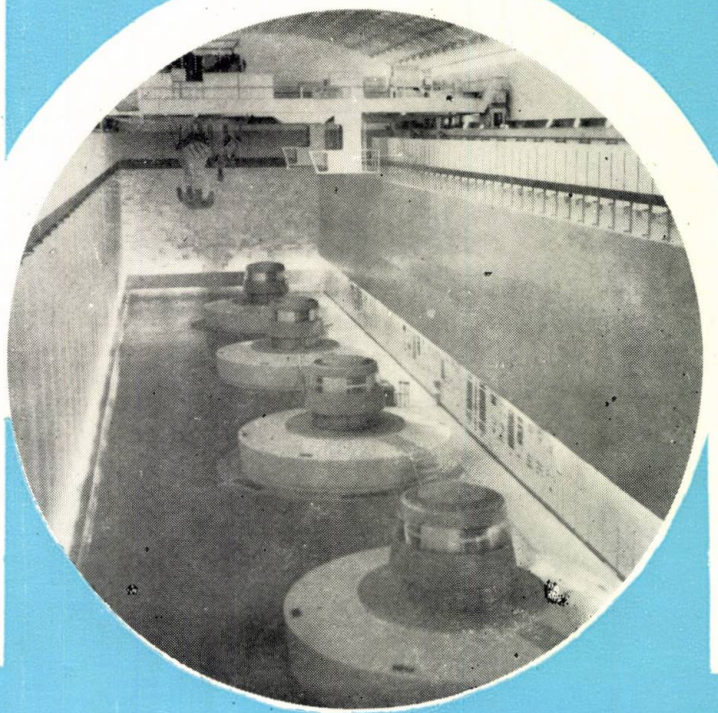
Activités spécialisées

- études hydrologiques et hydrogéologiques
- géologie d'engineering
- exploration géotechniques, géophysiques et mécaniques des sols et des roches
- travaux topographiques

Services spécialisées

- études préliminaires
- avant-projets
- détails d'exécution
- documentations pour appels d'offres et marchés de travaux
- inspections et supervisions
- expertises





ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 9 septembrie

MŰSZAKI KÖNYVTÁRES DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

Cuprinsul

		Pag.
Olga Biţă	**Unele aspecte ale influenţei parametrilor meteorologici asupra eficienţei sistemelor solare**	363—370
Alice-Anca Cocoş	**Optimizarea funcţionării circuitelor de răcire din centralele electrice în scopul reducerii consumurilor specifice pe agregat. Procedeul de pasivizare a ţevilor de condensator prin dozare de sulfat feros**	370—373
L. Oancea	**Diagrama de control al calităţii reglajului căldurii livrate pentru alimentarea serelor**	373—379
E. Covar	**Schemă pentru protecţia diferenţială împotriva scurtcircuitelor în sistemele electrice**	379—385
Veo C. Raicu	**Determinarea locului de defect pe liniile lungi cu derivaţii**	385—390
D. Cernomazu	**Cercetări privind efectele şi cauzele unor întreruperi cu caracter intempestiv în circuitul înfăşurărilor transformatoarelor de forţă**	390—397
M. Riedel	**Aspecte caracteristice ale poluării sonore în centrale electrice**	397—401
CRONICĂ	**Consfătuirea de lucru şi expoziţia ramurii energiei electrice şi termice privind creaţia ştiinţifică şi tehnică de masă**—Piteşti, iunie 1980	401—402
RECENZII		

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului ştiinţific al
Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.47.001.5.

О. Биця: **Некоторые аспекты влияния метеорологических параметров на эффективность солнечно-энергетических систем**

Представлены некоторые общие соображения относительно влияния метеорологических параметров, минимального уровня солнечной энергии и температуры окружающего воздуха, на эффективность уловителей или на солнечные установки для приготовления теплой воды. Рассматривая возможности оптимизации условий работы солнечно-энергетических установок, автор подчеркивает необходимость использования доступных данных по наличной солнечной энергии для определения либо необходимой площади улавливания, либо оптимального времени эксплуатации (эффективное количество часов в день) в зависимости от температуры окружающей среды.

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 363—370

ДК 621.311 : 621.3.046.2 : 620.193.7

А. А. Кокош: **Оптимизация охладительных контуров электростанций в целях снижения удельного потребления на агрегат. Способ пассивизации конденсаторных трубок дозировкой сернокислого железа**

Представлены наиболее часто встречающиеся виды коррозии, возникающие в эксплуатации латунных трубок теплообменников из-за некачественного слоя защитных окислов. Далее описан простой но эффективный способ пассивизации дозировкой $FeSO_4$.

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 370—373

ДК 66.012 : 621—68

Л. Оанча: **Диаграмма качественного контроля поставляемого тепла для отопления парников**

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 373—379

ДК 621.316.052 : 621.3.064.1

Е. Ковар: **Схема дифференциальной защиты от коротких замыканий в электрических системах**

Представлена принципиальная схема дифференциальной защиты с реле, имеющим большой собственный импеданс. Далее приводятся примеры практического применения при защите трансформаторов, шин и ЛЭП.

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 379—385

ДК 621.315.1 : 621.317.333.4

В. К. Райку: **Определение места повреждения на длинных ЛЭП с разветвлениями**

Приводится детальный анализ работы дистанционной защиты в случае аварии на длинных ЛЭП с разветвлениями. Далее определяется математическая модель и составляются необходимые программы автоматического вычисления.

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 385—390

ДК 621.314.222 : 621.316.5

Д. Черномазу: **Исследования причин и последствий случайных разрывов в контурах обмоток электрических силовых трансформаторов**

Исследуются аварии некоторых трехобмоточных силовых трансформаторов из-за систематических заводских дефектов (концепции и изготовления) переключателей напряжения при отключенном от сети трансформаторе.

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 390—397

ДК 621.311 : 699.144

М. Ридел: **Характерные аспекты звуковой нагрузки на электростанциях**

Energetica 28 (1980), № 9, стр. 397—401

ХРОНИКА

РЕЦЕНЗИИ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.47.001.5

Olga Biță: **Einige Aspekte des Einflusses der meteorologischen Parameter auf die Wirksamkeit von Sonnenenergiesystemen**

Es werden allgemeine Betrachtungen aufgeführt über den Einfluss der meteorologischen Parameter, des Minimalniveaus der Sonnenergie und der Lufttemperatur auf die Wirksamkeit der Kollektoren und der Sonnenergieanlagen für die Aufbereitung von Warmwasser. Die Optimierungsmöglichkeiten der Betriebsumstände einer Sonnenlage analysierend, wird die Notwendigkeit der Anwendung nützlicher Kennwerte über die Verfügbarkeit der Sonnenergie hervorgehoben, um somit entweder die notwendige Kollektoroberfläche zu bestimmen, oder die optimale Betriebszeit (Stunden/Tag), in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur.

Energetica 28 (1980), H. 9, S. 363—370

DK 621.311 : 621.3.046.2 : 620.193.7

Alice-Anca Cocoș: **Die Optimierung des Betriebes des Kühlungskreislaufes in Kraftwerken zwecks Herabsetzung des spezifischen Verbrauches jeder Einrichtung. Die Passivierung der Kondensatorrohre durch Ferrosulfat**

Es werden die Korrosionsarten die am öftesten während der Betriebszeit der messingberohrten Wärmeaustauscher, Korrosionsarten, die wegen des schlechten Qualität der Oxydschutzschicht entstehen. Es wird ein einfaches aber wirksames Passivierungsverfahren mit $FeSO_4$ beschrieben.

Energetica 28 (1980), H. 9, S. 370—373

DK 66.012 : 621—68

L. Oancea: **Qualitätskontrolldiagram für die Wärmezufuhrregelung bei Gewächshäusern**

Energetica 28 (19680), H. 9, S. 373—379

DK 621.316.052 : 621.3.064.1

E. Covar: **Differentialschutzschema gegen Kurzschlüssen in elektrischen Systemen**

Es wird das prinzipielle Schema für den Differentialschutz mit einem Relais mit grosser Eigenimpedanz gegeben, sowie Anwendungsbeispiele für den Schutz der Leitungen, der Trafos und der Schienen.

Energetica 28 (1980) H. 9, S. 379—385

DK 621.315.1 : 621.317.333.4

Veo V. Raicu: **Fehlerortung auf langen abgezweigten Leitungen**

Es wird der Betrieb des Distanzschutzes bei Fehler auf langen abgezweigten Leitungen engehend beschrieben; es wird das mathematische Modell bestimmt und die Programme für die automatische Berechnung aufgestellt.

Energetica 28 (1980), H. 9, S. 385—390

DK 621.314.222 : 621.316.5

D. Cernomazu: **Das Studium der Auswirkungen und Gründen von plötzlichen Abschaltungen in den Wicklungen der Leistungstransformatoren**

Es werden die Schäden bei einem Leistungstrafo mit drei Wicklungen analysiert, welche von den systematischen Fabrikationsfehler (Konzeption und Durchführung) bei den Spannungsregelungsschalter mit abgeschaltetem Trafo vorkommen.

Energetica 29 (1980) H. 9, S. 390—397

DK 621.311 : 699.144

M. Riedel: **Charakteristische Aspekte des Lärmes in Kraftwerken**

Energetica 28 (1980), H. 9, S. 397—401

CHRONIK

REZENSIONEN

SOMMAIRE

CD 621.47.001.5

Olga Biță : **Quelques aspects de l'influence des paramètres météorologiques sur l'efficacité des systèmes solaires**

On présente quelques considérations générales concernant l'influence des paramètres météorologiques, le niveau minimum de l'énergie solaire et la température de l'air ambiant, sur l'efficacité des capteurs ou des installations solaires à l'eau chaude. En analysant les possibilités d'optimiser les conditions de travail d'une installation solaire, on souligne la nécessité d'utiliser les données utiles de la disponibilité d'énergie solaire pour déterminer soit le nécessaire de surface captatoire, soit le temps optimum d'exploitation (heures effectives/jour) en fonction de la température ambiante.

Energetica 28 (1980), no. 9, p. 363—370

CD 621.311 : 621.3.046.2 : 620.193.7

Alice-Anca Cocoș : **Optimisation du fonctionnement des circuits de refroidissement des centrales électriques en vue de diminuer les consommations spécifiques par agrégat. Le procédé de passivation des tubes de condenseur par dosage de sulfate ferreux**

On présente les formes de corrosion fréquemment apparues dans l'exploitation de la tuyauterie en laiton des échangeurs de chaleur. Ces formes de corrosion ont pour cause la qualité déficitaire de la couche protectrice en oxyde. On décrit, également, un procédé simple et efficace de passivation à l'aide du $FeSO_4$.

Energetica 28 (1980), no. 9, p. 370—373

CD 66.012 : 621—68

L. Oancea : **Diagramme de contrôle de la qualité du réglage de la chaleur livrée pour alimenter les serres**

Energetica 28 (1980), no. 9, p. 373—379

CD 621.316. 052 : 621.3.064.1

E. Covar : **Schéma pour la protection différentielle contre les courtcircuits dans les réseaux électriques**

On décrit le schéma de principe d'une protection différentielle au relais à grande impédance et on donne quelques exemples pour l'utilisation de la protection des transformateurs des lignes et des barres.

Energetica 28 (1980), no. 8, p. 379—385

CD 621.315.1 : 621.317.333.4

Veo C. Raicu : **Détermination du lieu où apparait le défaut sur les lignes longues avec dérivations**

On fait une analyse détaillée sur le fonctionnement de la protection à distance au cas des défauts qui surgissent sur les lignes longues avec dérivations, en établissant le modèle mathématique et en élaborant les programmes nécessaires pour le calcul automatique.

Energetica 28 (1980), no. 9, p. 385—390

CD 621.314.222 : 621.316.5

D. Cernomazu : **Recherches concernant les effets et les causes de quelques coupures à caractère intempestif dans le circuit des enroulements des transformateurs de puissance**

On analyse les détériorations des transformateurs de puissance à trois enroulements, dues aux défauts systématiques de fabrication des commutateurs de réglage de la tension avec le transformateur mis hors circuit.

Energetica 28 (1980), no. 9, p. 390—397

CD 621.311 : 699.144

M. Riedel : **Aspects caactéristiques de la pollution sonore dans les centrales électriques**

Energetica 28 (1980), no. 9, p. 397—401

CRONIQUE

COMPTE-RENDUS

CONTENTS

DC 621.47 : 001.5

Olga Biță : **Some aspects on the influence of meteorological parameters upon the efficiency of solar systems**

Some general considerations regarding the influence of meteorological parameters, the minimal level of solar energy and the environmental air temperature upon the efficiency of solar collectors or solar installations for water heating are presented. Analyzing the optimization possibilities of the operating conditions of solar installations, the necessity of working with useful data with regard to the availability of solar energy is underlined, so as to enable either the determination of the collector surface or the optimal operation time (hours/day), depending on the environmental temperature.

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 363—370

DC 621.311 : 621.3.046.2 : 620.193.7

Alice-Anca Cocoș : **Electrical power plants cooling optimization for reducing specifical consumptions per utility. Condenser pipes passivization procedure by adding $FeSO_4$**

The frequently occuring corrosion types during the operation of the brass pipes of heat exchangers are presented ; the corrosion types have originated in the low quality of the protective oxide cover. A simple, but efficient $FeSO_4$ passivization procedure is described.

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 370—373

DC 66.012 : 621—68

L. Oancea : **Quality control diagram of the heat delivered to hothouses**

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 373—379

DC 621.316.052 : 621.3.064.1

E. Covar : **Differential potection scheme against shortcircuits in electrical systems**

The principial scheme of a differential protection through a high eigenimpedance relay is shown ; application examples at the protection of transformers, lines and bars are given.

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 379—385

DC 621.315.1 : 621.317.333.4

Veo C. Raicu : **Fault location on long lines with derivations**

A minute analysis of the operation of remote protection devices during faults on long lines with derivations is done, establishing a mathematical model and the programs necessar for automatic calculation.

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 385—390

DC 621.314.222 : 621.316.5

D. Cernomazu : **Researches regarding the effects and causes of sudden breakdowns within electrical power transformers windings**

The faults of some three windings transformers are analysed ; the faults were due to systematic productions defects (conception and execution) of voltage control breakers while the transformer is disconnected.

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 390—397

DC 621.311 : 699.144

M. Riedel : **Characteristical aspects of phonic pollution in electrical power plants**

Energetica 28 (1980), nr. 9, p. 397—401

CHRONICS

REVIEWS

Unele aspecte ale influenței parametrilor meteorologici asupra eficienței sistemelor solare

Dr. ing. **Olga Biță***)

1. Considerații generale

O instalație solară pentru încălzit apa reprezintă un sistem unitar în care energia radiației solare este captată și convertită, la nivelul captatoarelor solare, în energie termică (căldură), care este preluată de fluidul ce circulă prin sistem și condusă spre consumator. În aceste sisteme solare, căldura rezultată poate fi consumată sub formă de apă caldă pe parcursul zilei în totalitate, sau poate fi stocată, avînd în vedere asigurarea consumului zilnic mediu pentru cel puțin 24 ore, în scopul acoperirii atît a fluctuațiilor intensității radiației solare în ziua respectivă sau de la o zi la alta, cît și a celor care pot avea loc în consumul zilnic de apă caldă.

În figura 1 este prezentată schema simplificată a unei instalații solare pentru încălzit apa.

Este unanim acceptat în energetica solară, [1], [2], [3] ș.a., ca eficiența unui asemenea sistem solar, respectiv a unui tip de captator solar, să se determine experimental folosind relația :

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot I_\beta} = \frac{\dot{m} \cdot C_p \cdot \gamma (t_e - t_i)}{A_c \cdot I_\beta}, \qquad (1)$$

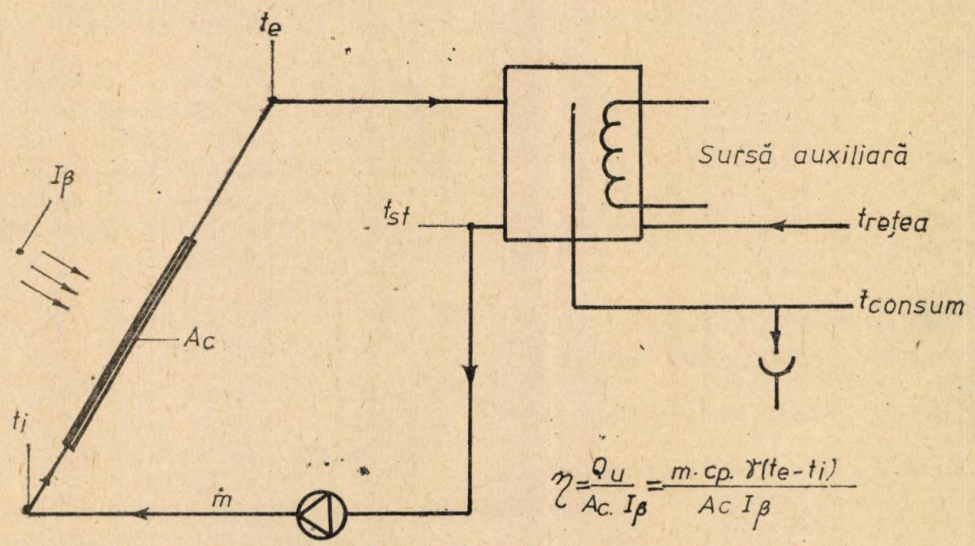


Fig. 1. Schema simplificată a unei instalații solare pentru încălzit apa.

unde

η este eficiența captatorului solar;

A_c — suprafața de captare, m²;

I_β — radiația totală (directă și difuză) care cade sub un anumit unghi de incidență pe o suprafață de captare înclinată, la un unghi β față de orizontală, W/m² (kcal/m².h);

Q_u — energia calorică utilă, W (kcal/h);

$\dot{m}$ — debitul cu care circulă fluidul de transport caloric kg/s;

C_p — căldura specifică a fluidului de transport caloric, J/kg.°K(kcal/kg.°C);

γ — densitatea fluidului de transport caloric kg/m³ (g/cm³);

t_i — temperatura fluidului de transport caloric la intrare în captator, °C;

t_e — temperatura fluidului de transport caloric la ieșirea din captator, °C.

Pentru determinarea prin calcul a puterii termice utile (Q_u), dezvoltarea modelelor analitice care vizează performanțele unui captator solar se bazează pe relația Hottel-Whillier [1], [3], [4] ș.a., și anume :

$$Q_u = A_c \cdot F_R[(\tau\alpha)_e I_\beta - U_L (t_i - t_a)] \qquad (2)$$

în care

$(\tau\alpha)_e$ este *produsul efectiv transmisie-absorbție*; exprimă interacțiunea complexă a proprietăților optice ale ecranului transparent (τ) și a plăcii absorbante (α);

F_R — *factorul de transport al căldurii*; exprimă capacitatea de transfer a căldurii prin captatorul solar plan, funcție de natura și implicit de caracteristicile termice și geometria plăcii absorbante, precum și de proprietățile și viteza de circulație a fluidului de transfer caloric, respectiv de debitul utilizat;

U_L — *factorul care exprimă pierderile termice globale* ale captatorului solar în exterior, atît prin fața, cît și prin

*) Dr. ing. Olga Biță este cercetător științific principal II, Laboratorul de energetică solară, ICSITEEMR-București.

spatele suprafeței absorbante, fiind astfel determinat de comportarea ecranului transparent în domeniul lungimilor de undă medii (2,5—12 μm) și de calitățile materialului izolant folosit, W/m².°K (kcal/m² · h.°C);

t_a — temperatura mediului ambiant, °C.

Factorii $(\tau\alpha)_e$, F_R și U_L reprezintă factorii de influență specifici unui captator solar, care pot fi determinați experimental [4], [5] ș.a. și care reprezintă datele de bază pentru proiectarea instalațiilor solare, respectiv pentru determinarea suprafeței de captare necesară [1], [2], [3] ș.a.

Dacă se înlocuiește în relația (1) expresia lui Q_u din relația (2), prima poate fi scrisă și sub forma :

$$\eta = F_R\left[(\tau\alpha)_e - \frac{U_L(t_i - t_a)}{I_\beta}\right] \qquad (3)$$

Variația factorului de eficiență (η) funcție de parametrul $\left(\frac{t_i - t_a}{I_\beta}\right)$ reprezintă, astfel, o linie dreaptă, a cărei pantă este funcție de valoarea produsului $(F_r \cdot U_L)$, iar interceptarea ei cu coordonata y este funcție de produsul $[F_r \cdot (\tau\alpha)_e]$. Această curbă este specifică fiecărui tip de captator solar, fiind cunoscută sub denumirea de *curbă caracteristică de eficiență* a captatorului solar dat [1], [2], [3], [4] ș.a.

În cazul în care fluidul de transport caloric este apa, experiența a arătat [1], [2], [3] ș.a. că în locul parametrului $(t_i - t_a)$ se poate utiliza $\left(\frac{t_i + t_e}{2} - t_a\right)$, și în acest caz relația (3) devine :

$$\eta = F'_R\left[(\tau\alpha)_e - \frac{U_L\left(\frac{t_i + t_e}{2} - t_a\right)}{I_\beta}\right], \qquad (3')$$

unde

$$F_R' > F_R.$$

În figura 2 se prezintă ilustrativ curba caracteristică de eficiență a captatorului solar plan CH2—VL, prezentat schematic în figura 3, realizat de I.F. Găești după proiect ICSITEEMR [2], [6].

Relația (3) conține deci factorii mai importanți care intervin cu ponderea cea mai mare la stabilirea eficienței unui captator solar, și anume :

$(\tau\alpha)_e$, I_β, U_L, t_a, t_i sau $\left(\frac{t_i + t_e}{2}\right.$ [1], [3] ș.a.$\left.\right)$

Se remarcă faptul că acești factori se pot clasifica, după natura lor, în : factori constructivi $[(\tau\alpha)_e$ și $U_L]$, specifici tipului de captator solar studiat, factori de lucru (t_i) și factori meteorologici $(I_\beta$ și $t_a)$.

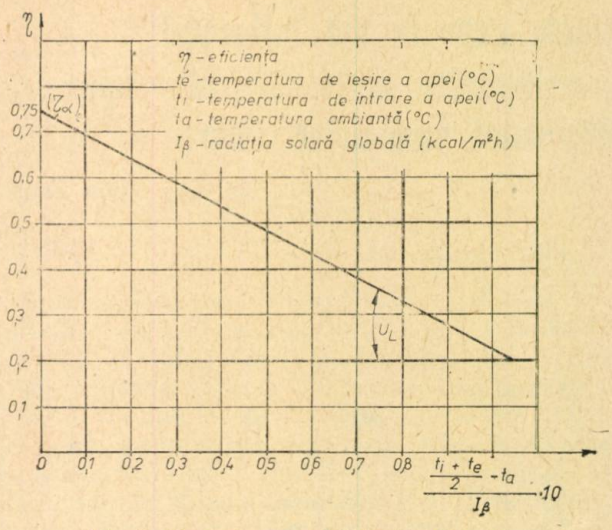


Fig. 2. Curba caracteristică de eficiență.

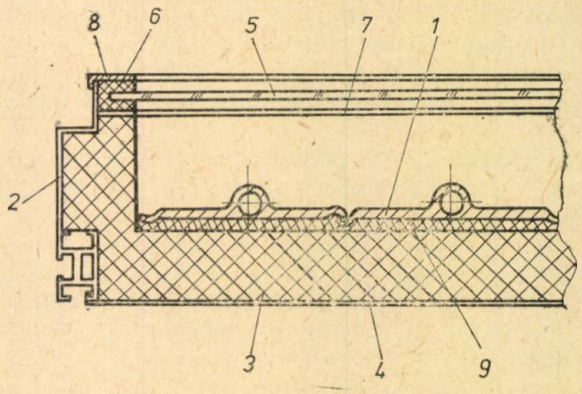


Fig. 3. Prezentarea schematică a elementelor componente ale captatorului solar plan testat [2].
1 — placă absorbantă; *2* — aluminiu extrudat anodizat; *3* — izolație poliuretanică; *4* — tablă aluminiu; *5* — geam transparent securizat 4 mm; *6* — garnitură etanșare; *7* — folie poliesterică; *8* — ramă fereastră; *9* — țesături de sticlă.

În figura 4 este reprezentat ilustrativ, după [7], aportul parametrilor care pot influența eficiența unui captator solar plan, evidențiindu-se ponderea ridicată cu care intervin factorii prezentați mai sus și luați în considerație la calculul eficienței unui captator solar, conform relației (3).

2. Eficiența optimă a unui sistem solar prevăzut cu unitate de stocare

Analizînd influența temperaturii fluidului de transport caloric la intrarea într-un captator solar asupra performanțelor sistemului solar, în cazul în care $t_i = t_s$ (t_s fiind temperatura fluidului la ieșire din unitatea de stocare — fig. 1), se pot face unele considerații asupra posibilității reducerii pierderilor termice în exterior și implicit a măririi eficienței captatoarelor solare.

Rezultă astfel că, dacă temperatura de intrare a fluidului în captator (t_i) poate fi coborîtă la o valoare minimă $(t_{i\,min})$, atunci sistemul solar va acumula maximul de energie termică $(Q_u \gg)$; în acest caz se reduc mult pierderile

Analiza parametrilor specifici unui captator solar /7/

a. Parametrii captatorului	Constant	Limite
1. Nr. de ecrane	2	1 - 3
2. Spațiul între țevi	60 mm	200 - 20 mm
3. Raportul ϕ_{ext} / ϕ_{int}	10/8 mm	5/4 - 15/14 mm
4. Dist. între ecran și placa abs.	20 mm	10 - 40 mm
5. Spațiul între ecrane	10 mm	10 - 30 mm
6. Grosimea ecranului	3 mm	4 - 2 mm
7. Emisia ecranului	0,876	0,95 - 0,6
8. Emisia plăcii absorbante	0,90	0,9 - 0,5
9. Produsul $(\tau\alpha)_e$	0,7474	0,6 - 0,9
10. Conductivit. term. a ecranului	0,76 $Wm^{-1}K^{-1}$	1.0 - 0,2 $Wm^{-1}K^{-1}$
11. Rezist. term. a izolației	1,66 m^2KW^{-1}	1.0 - 10 m^2KW^{-1}
12. $\delta_f \cdot \lambda_f$	0,15 WK^{-1}	0,001 - 0,5 WK^{-1}
b. Parametrii de lucru		
1. Temperatura de intrare	50 °C	60 - 40 °C
2. Debit pe unit. de suprafață captator.	0,02 $kgs^{-1}m^{-2}$	0,005 - 0,05 $kgs^{-1}m^{-2}$
c. Parametrii meteorologici		
1. Radiația globală, I_β	500 Wm^{-2}	300 - 1000 Wm^{-2}
2. Temperatura ambiantă, t_a	20 °C	-10 °C - 30 °C
3. Viteza vîntului, V_v	3 ms^{-1}	8.0 - 0 ms^{-1}

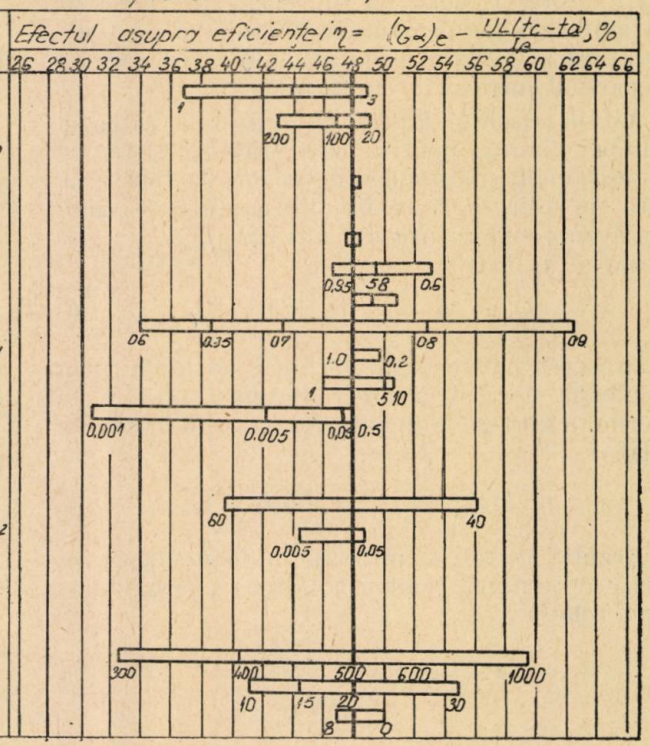


Fig. 4. Analiza parametrilor specifici unui captator solar [7].

termice în exterior, termenul $U_L(t_i - t_a)$ din relația (2) tinde către zero, iar relația (2) devine:

$$Q_{U optim} = A_c F_R[(\tau\alpha)_e\ I_\beta - U_L(t_{i\,min} - t_a)], \quad (4)$$

unde, pentru:

$$t_{i\,min} \cong t_a$$

$$U_L(t_{i\,min} - t_a) \to 0.$$

Se poate astfel estima o eficiență optimă în cazul unui sistem solar prevăzut cu unitate de stocare pentru situațiile în care temperatura fluidului de transport caloric la ieșirea de la stocare, respectiv la intrarea în captator, este totdeauna apropiată de o temperatură minimă ($t_i \approx t_{i\,min}$). Deoarece valoarea lui $t_{i\,min}$ este însă o variabilă dependentă de temperatura mediului ambiant (t_a), rezultă că eficiența maximă se va obține numai cînd $t_{i\,min} = t_a$, cînd:

$$Q_{umax} = A_c F_R'[(\tau\alpha)_e\ I_\beta] \quad (5)$$

Rezultă astfel o observație utilă, și anume că instalațiile solare care folosesc ca fluid de transport caloric direct apa de la rețea ($t_r \leqslant t_a$) vor prezenta performanțe mai bune decît cele prevăzute cu unitate de stocare și pentru care $t_{i\,min} \gg t_a$.

În figura 5 se prezintă pentru exemplificare dependența eficienței captorului solar CH2—VL de temperatura de intrare a apei.

Cum însă în majoritatea cazurilor sistemele solare sînt prevăzute cu unitate de stocare și deci fluidul de transport caloric intră în captator cu o temperatură apropiată de cea de la ieșirea din stocare ($t_i = t_s$), se pot face o serie de considerații asupra utilizării cît mai eficiente a disponibilului de radiație solară [1], [2], [9], [10], atît în scopul optimizării funcționării unei instalații existente, cît și în scopul dimen-

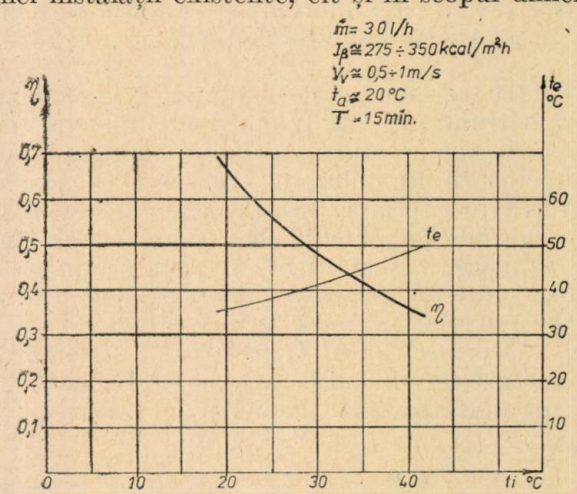


Fig. 5. Influența temperaturii apei la intrare asupra performanțelor captatorului solar testat în condiții reale.

sionării corecte a suprafețelor de captare [2] ș.a.

Din analiza influenței parametrilor conținuți în relația (2) se desprinde și posibilitatea de a determina nivelul de radiație minim ($I_{\beta min}$)

cerut pentru a acoperi pierderile termice ale unui captator solar, $U_L(t_i - t_a)$, în condiții variabile de temperatură ambiantă și de temperatură a fluidului la ieșirea din rezervorul de stocare și intrare în captator.

Astfel, rezultă faptul că există o radiație minimă limită, pentru care eficiența sistemului este nulă, și anume situația în care temperatura de ieșire a fluidului din captator rămîne egală cu temperatura de intrare ($t_e - t_i = 0$), situație în care:

$$Q_u = \dot{m} \cdot C_p \cdot \gamma \cdot (t_e - t_i) = 0 \qquad (6)$$

În acest caz energia termică obținută prin conversia acestei radiații minime ($I_{\beta min}$) se pierde în întregime în exterior, $Q_u = 0$, conform relației

$$F_r(\tau\alpha)_e I_{\beta min} = F_r U_L(t_i - t_a) \qquad (7)$$

Rezultă astfel că radiația minimă ($I_{\beta min}$) se poate determina, pentru condiția $t_i = t_s$, folosind relația (7):

$$I_{\beta min} = \frac{U_L(t_s - t_a)}{(\tau\alpha)_e} \qquad (8)$$

și deci cu cît $I_{\beta min}$ va fi mai mic, cu atît cantitatea de energie termică acumulată va fi mai mare, și implicit eficiența sistemului mai ridicată.

Dependența lui $I_{\beta min}$ de factorii transmisie-absorbție $(\tau\alpha)_e$ și de pierderile termice (U_L) arată că, pentru aceleași condiții de lucru (t_s, t_a), valoarea acestuia va fi dictată de calitatea materialelor folosite la realizarea ecranului transparent ($\tau \gg$), suprafeței absorbante ($\alpha \gg$) și izolației ($U_L \ll$), diferind astfel destul de mult de la un tip de captator la altul [1], [2], [3], [4] ș.a.

Pentru același tip de captator însă, nivelul parametrului $I_{\beta min}$ va fi simțitor influențat de valoarea temperaturii mediului ambiant și a temperaturii fluidului de transport caloric la intrarea în captator, firește alegîndu-se condițiile optime din punctul de vedere al unghiului de înclinare (β) și al orientării captatorului solar (sud, sud-est, sud-vest [1], [2], [10] ș.a.).

Dacă în relația (2) se exprimă termenul $F_R U_L \cdot (t_s - t_a)$ prin $F_R (\tau\alpha)_e I_\beta$ (relația 7), se observă că energia termică utilă care poate fi furnizată de un captator solar depinde de valoarea lui $I_{\beta min}$:

$$Q_u = A_c F_r[(\tau\alpha)_e I_\beta - (\tau\alpha)_e I_{\beta min}] \qquad (9)$$

sau

$$Q_u = A_c F_r[(\tau\alpha)_e (I_\beta - I_{\beta min})], \qquad (10)$$

unde termenul $I_{\beta min}$ va fi dependent, la rîndul său, pentru un același tip de captator solar, unghi de înclinare (β) și orientare, de diferența dintre temperatura fluidului de lucru și cea a mediului ambiant ($t_s - t_a$) sau ($t_i - t_a$).

Pe baza considerațiilor de mai sus, cantitatea totală de energie termică utilă ce poate fi furnizată de o anumită suprafață de captare într-o zi sau într-o anumită perioadă de timp (lună, trimestru, an) se va putea determina prin integrarea relației (10):

$$Q_u = A_c F_R(\tau\alpha)_e \int_0^T (I_\beta - I_{\beta min})\, dT, \qquad (11)$$

unde T este perioada de timp la care se face referirea, sau folosind valori medii orare, zilnice sau lunare ale radiației solare:

$$Q_u = A_c F_R(\tau\alpha)_e \, [\overline{(I_\beta - I_{\beta min})} \, \bar{N}], \qquad (12)$$

în care $\bar{N}$ este numărul mediu de ore efective (în zi, lună, an), *ora efectivă* fiind caracterizată prin asigurarea condiției ca $I_\beta \gg I_{\beta min}$.

3. Date privind disponibilitatea radiației solare efective

După cum s-a arătat în capitolul precedent, folosirea cît mai corectă a datelor privind disponibilul de radiație solară va influența favorabil eficiența unui sistem solar, atît la stabilirea suprafețelor de captare optime, cît și la optimizarea funcționării acestuia pe parcursul exploatării. În consecință, datele meteorologice curente sau statistice, furnizate de către IMH [11], au fost analizate și prelucrate luînd în considerare influența parametrului $I_{\beta min}$ la stabilirea performanțelor unei instalații solare pentru încălzit apa, echipată cu captatoare solare tip CH2 [2] [6].

Cunoscînd curba caracteristică de eficiență a captatorului CH2 (fig. 2), s-a determinat suma radiației globale efective lunare în funcție de temperatura ambiantă.

În figura 6 se prezintă radiația globală orară medie minimă ($I_{\beta min}$) care compensează pierderile optice $1 - (\tau\alpha)_e$ și termice $U_L(t_i - t_a)$, ale captatorului solar CH2 — VL [2], asigurîndu-se condiția impusă, ca pentru diferite valori ale temperaturii ambiante, temperaturile fluidului de transport caloric la ieșirea și intrarea în captator să fie egale ($t_e = t_i$). Se remarcă astfel că în cazul captatorului CH2 — VL, caracterizat prin factorii $(\tau\alpha)_e = 0{,}75$ și $U_L = 5{,}25$ kcal/m².h.°C [2], [6], eficiența maximă a unei instalații solare se obține în cazul în care $t_i - t_a = 0$, cînd și pierderile termice în exterior sînt nule, însă nu poate depăși valoarea-limită obținută din înlocuirea datelor specifice acestui tip de captator, $\eta_{max} = F_r(\tau\alpha)_e I_\beta = 0{,}75\ I_\beta$. Deci pentru perioada în care instalația solară funcționează, respectînd condiția ca $t_i = t_a$:

$$Q_{umax} = 0{,}75 \cdot A_c \cdot \bar{I}_\beta \cdot \bar{N} \qquad (13)$$

În figura 7 este prezentată, tot pentru datele tehnice de eficiență specifice captatorului solar

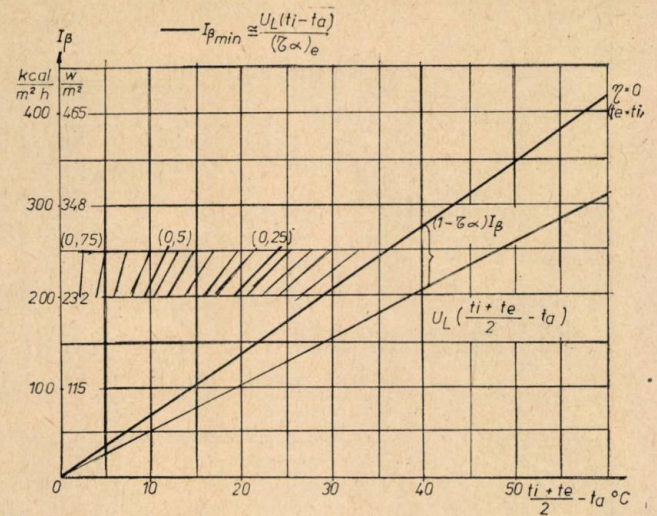


Fig. 6. Radiația globală orară medie care compensează pierderile optice și termice orare ale captatorului solar în funcție de temperaturile de lucru și ambiantă.

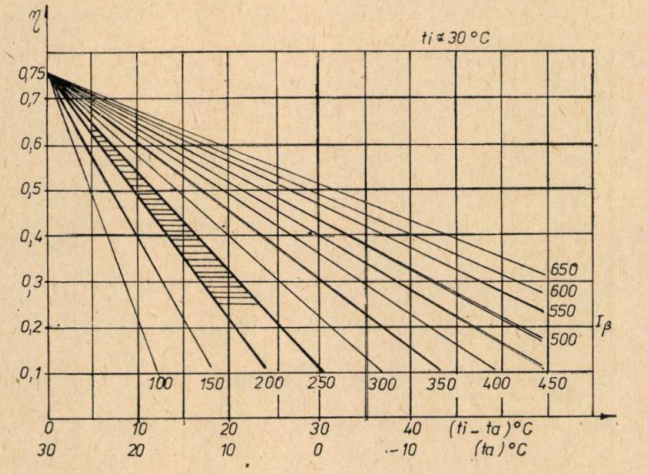


Fig. 7. Dependența eficienței captatorului solar de diferența dintre temperatura fluidului la intrare și a mediului ambiant pentru diferite niveluri de radiație.

CH2—VL, dependența eficienței (η) de diferența de temperatură ($t_i - t_a$) pentru diferite niveluri de radiație solară (I_β) și pentru cazul în care $t_i = t_s = 30$°C.

Se remarcă astfel că, pe măsură ce temperatura ambiantă scade, valoarea lui $I_{\beta min}$ va crește corespunzător, pentru a putea compensa pierderile termice ale captatorului solar în exterior, $U_L(t_i - t_a)$, iar pentru a asigura funcționarea sistemului solar la un randament suficient de ridicat pentru a putea depăși cu cel puțin 10% energia consumată de pompă și la temperaturi ambiante (t_a) apropiate de zero, s-a stabilit că pentru condițiile meteo din țara noastră $I_{\beta min} = 230—290$ W/m² (200—250 kcal/m².h) — zona haşurată din figura 7.

Dacă temperatura ambiantă scade sub 0°C (perioada de iarnă), atunci, pentru a asigura exploatarea cît mai eficientă a sistemului solar, nivelul radiației minime, care compensează pierderile termice ale captatorului solar și energia consumată la pompare, crește corespunzător ($I_{\beta min} \gg$), reducîndu-se corespunzător orele efective în zi cu soare.

În figura 8 se prezintă, pentru exemplificare, pierderile totale ale captatorului solar CH2-VL

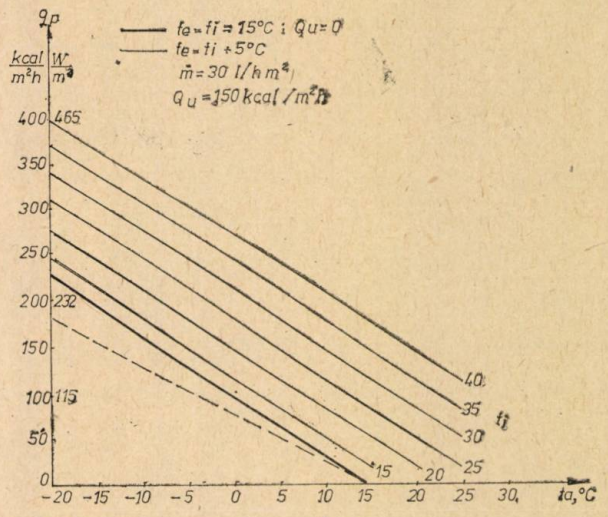


Fig. 8. Pierderile totale ale captatorului solar pentru diverse valori ale temperaturii apei la intrare și o creștere constantă de 5°C a temperaturii apei la ieșire, funcție de temperatura ambiantă.

pentru diverse valori ale temperaturii apei la intrare și o creștere constantă de 5°C a temperaturii apei la ieșirea din captator, în funcție de temperatura ambiantă. Se remarcă faptul că pentru a asigura funcționarea captatorului respectînd condiția ca $t_e = t_i + 5$°C, menținînd debitul la $\dot{m} = 30$ l/m².h, trebuie ca radiația solară folosită să fie din ce în ce mai mare, pentru a putea asigura atît pierderile termice în exterior în funcție de (t_a), cît și energia termică utilă ($Q_u = 30 \cdot 5 = 150$ kcal/m².h) necesară asigurării funcționării la un ecart de temperatură de 5°C.

Plecînd de la aceste considerente, datele meteo înregistrate pentru zona București și furnizate de către IMH-București [11], s-au prelucrat sub formă de „date utile", acceptînd condiția ca radiația totală orară minimă dintr-o oră efectivă să fie limitată la valorile $I_{\beta min} \geqslant$ $\geqslant 230—290$ W/m² (200—250 kcal/m².h) [2].

În figura 9 sînt prezentate datele efective ($\bar{I}_\beta$, $\bar{N}_{zile}$), ca date statistice, în valori orare medii lunare, pentru zona București, pentru unghiul de înclinare al captatorului solar $\beta =$ $=30°$ și orientarea spre sud. În figura 10 este prezentată fracția efectivă ($I_{\beta min} \geqslant 250$ kcal/m².h) din suma radiației totale lunare primită pe suprafața captatorului solar plan CH2-VL, înclinat la $\beta = 30°$ și orientat spre sud, pe toată perioada anului.

În figura 11 se prezintă comparativ valorile orare medii lunare ale radiației solare, curba *1* reprezentînd valorile orare medii lunare obți-

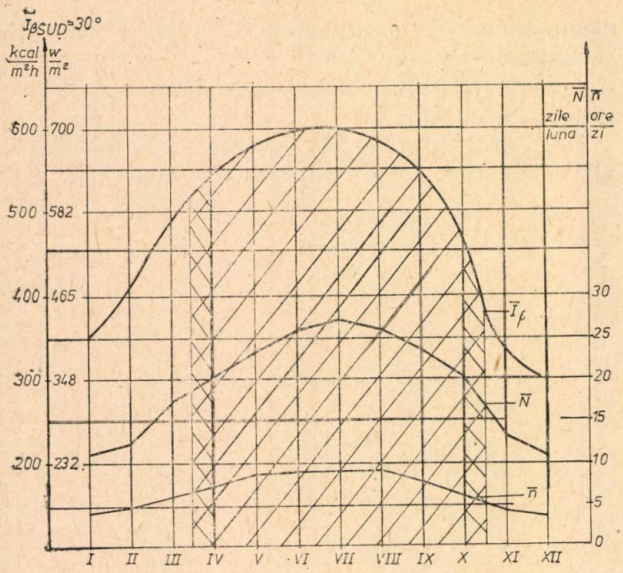


Fig. 9. Valori medii efective (date statistice) pentru zona București.

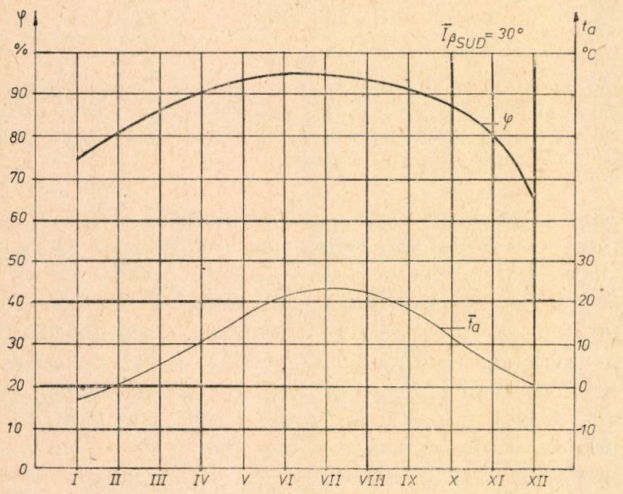


Fig. 10. Fracția efectivă din radiația totală lunară (date statistice) pentru zona București.

nute prin raportarea radiației efective totale lunare la numărul de zile calendaristice din lună, iar curba *2* valorile orare medii lunare obținute prin raportarea aceleiași valori a radiației efective totale lunare la numărul de zile din lună caracterizate prin însorire continuă, la $I_\beta \geqslant 200-250$ kcal/m².h, de cel puțin 30 minute și un total de minimum 1,5—2 ore cu soare pe parcursul unei zile [2].

Folosirea, la calculul de dimensionare a suprafețelor de captare necesare unei instalații solare, a valorilor medii orare obținute prin raportarea valorilor lunare ale radiației globale la numărul calendaristic de zile din lună (curba *1*) conduce la o depășire a ariei de captare pentru zilele cu soare și implicit la creșterea investiției în mod nejustificat pentru perioadele însorite. Diferența va fi, firește, mai evidentă în perioada noiembrie-martie, cînd numărul de zile cu soare este mult mai mic decît cel calendaristic. În comple-

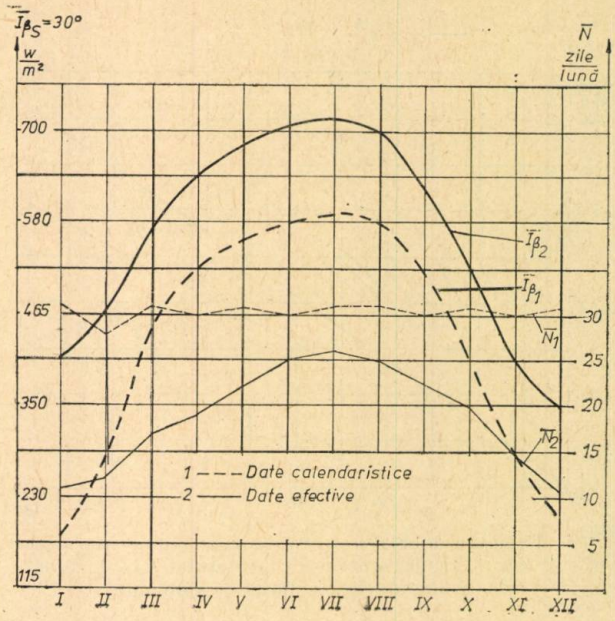


Fig. 11. Date medii lunare pentru zona București.

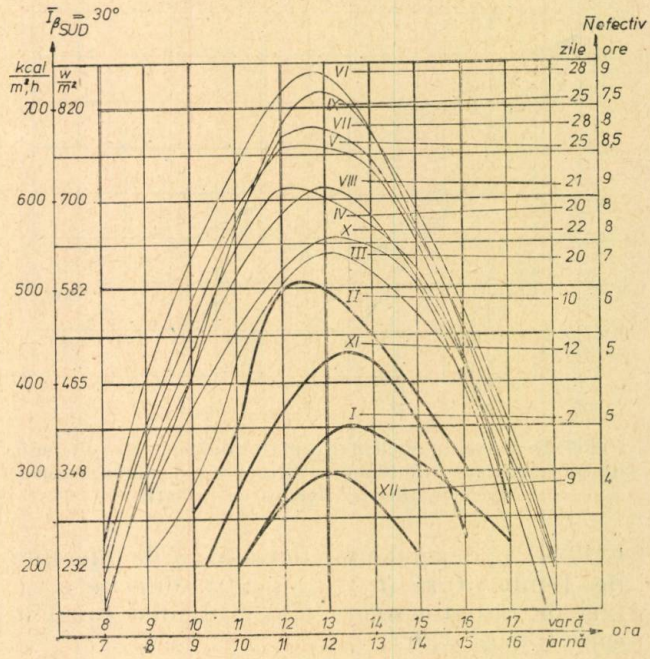


Fig. 12. Variația radiației orare medii lunare pe parcursul unei zile cu soare, pentru perioada oct. 1978— sept. 1979, zona București.

tare, pentru aceeași zonă se prezintă în figura 12 variația radiației orare medii lunare pe parcursul unei zile cu soare, pentru perioada octombrie 1978—septembrie 1979, respectîndu-se condiția impusă pentru ora efectivă.

În ceea ce privește influența orientării și înclinării suprafeței de captare asupra performanțelor unei instalații solare se pot face de asemenea unele observații: deoarece valoarea lui $I_{\beta min}$ depinde în special de parametrul $(t_i - t_a)$, respectiv de (t_a), rezultă că, în general — dacă condițiile obiective în ceea ce privește amplasarea

suprafeței de captare impun abaterea de la orientare pe direcția sud — , este mai avantajoasă abaterea spre sud-vest. Aceasta ca urmare a faptului că, în general la noi în țară, valorile temperaturii ambiante cresc pe parcursul zilei, după cum se ilustrează în figura 13, permițîndu-se prelungirea orelor de funcționare cu eficiență acceptabilă a instalațiilor solare mai mult după-amiaza.

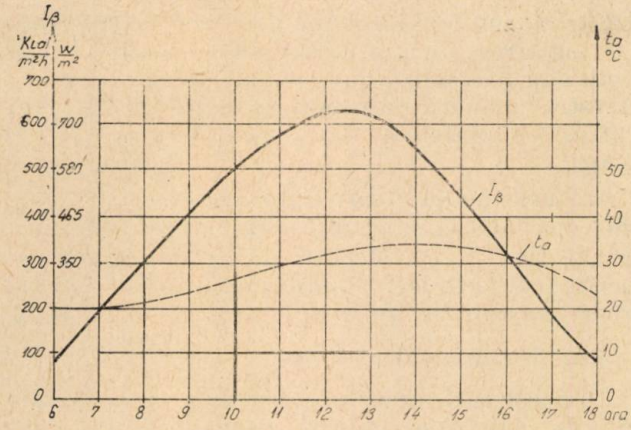


Fig. 13. Variația radiației globale și a temperaturii ambiante pe parcursul unei zile complet senine.

Curba întreruptă, prezentată în figura 13, indică posibilitatea prelungirii exploatării eficiente a unei instalații solare mai multe ore după-amiaza decît dimineața. În ceea ce privește influența unghiului de înclinare (β), se poate remarca, din compararea curbelor din figura 14, că valorile mai mici ale unghiului ($\beta \leqslant 35°$) conduc la creșterea disponibilului efectiv al radiației solare chiar în cazul în care se face suma pe tot anul.

Alegerea înclinării captatorului la $\beta = 25-35°$ reprezintă deci un optim atît din punctul de vedere al sumei radiației totale lunare pe perioada cu eficiență optimă în exploatare a instalațiilor solare, și anume aprilie-septembrie, cît și în ceea ce privește suma anuală a radiației solare.

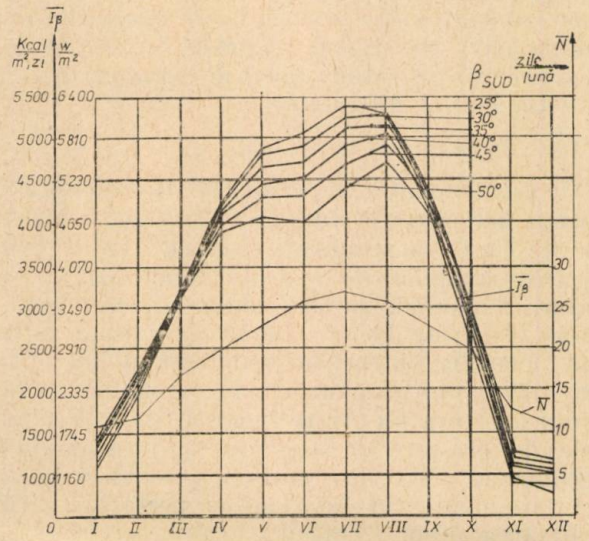


Fig. 14. Medii zilnice lunare (efective) pentru zona București (date statistice 1960—1973).

În figura 15 sînt prezentate, pentru zona București, variația radiațiilor orare medii lunare, date statistice medii pe perioada 1970—1978 [2] pe parcursul unei zile medii efective, pentru toate lunile anului.

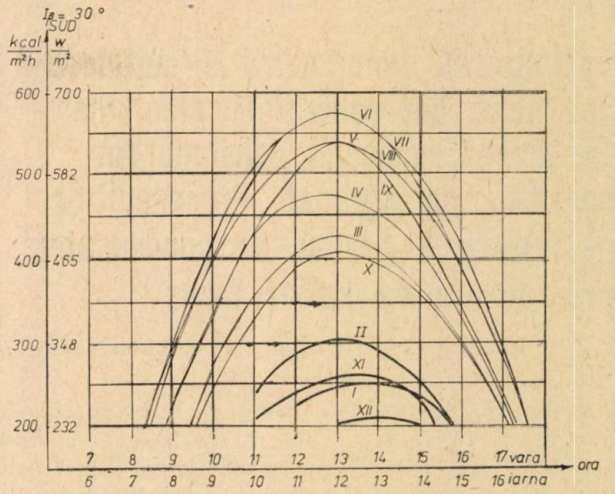


Fig. 15. Medii orare lunare (calendaristic) pentru zona București (date statistice 1970—1978).

Comparînd aceste curbe cu cele prezentate în figura 12, se remarcă nivelul mai scăzut al radiației solare medii orare ca urmare a faptului că sumele de radiații lunare s-au raportat la zilele calendaristice din luna respectivă, și nu la cele utile, și firește pentru că reprezintă valori medii statistice pe opt ani. Se remarcă de asemenea, în figura 15, gruparea curbelor cu niveluri de radiație apropiate, în funcție de anotimp, precum și aportul scăzut al lunilor de iarnă (XI, XII, I, II) la disponibilul anual al radiației solare.

Bibliografie

[1] Duffie, J.A. și Beckman, W.A. *Solar energy thermal processes.* John Wiley & Sons, New York-London-Sydney, 1974.

[2] * * * *Cercetări privind conversia energiei radiației solare în energie termică.* Contract CNST-ICSITEEMR, Fazele 1978—1979.

[3] Smith, C.C. și Weiss, Th. A. *Design application of the Hottel-Whillier-Bliss equation.* În : Solar Energy, 19, nr. 2, 1977.

[4] Hill, J. E. și Streed, E.R. *A method of testing for rating solar collectors based on thermal performance.* În : Solar Energy, 18, nr. 5, 1976.

[5] Streed, E.R., Hill, J.E. ș.a. *Results and analysis of a round robin test program for liquid heating flat-plate solar collector.* În : Solar Energy, 22, nr. 3, 1979.

[6] * * * *Prospect CH2-VL, CH2-OL,* ICSITEEMR — I.F. Găești, 1979.

[7] Arafa, A., Fisch, N. și Hanne, E. *A parametric investigation on flate-plate solar collectors.* International Solar Energy Congress, New Delhi, ianuarie 1978.

[8] Klein, S.A. și Beckman, W.A. *A general design method for closed-loop solar energy systems.* In : Solar Energy, 22, nr. 3, 1979.

[9] Lunde, P.J. *Prediction of the performance of solar heating systems over a range of storage capacities.* În: Solar Energy, 23, nr. 2, 1979.
[10] Stănoiu, L. și Biță Olga: *Aspecte privind disponibilitatea energiei solare primită de un captator termosolar.* Comunicare Simpozion ICSITEEMR, 1979.
[11] * * * *Cercetări privind disponibilitatea energiei solare* în 1978–1979. Contract ICSITEEMR-IMH.
[12] Dănescu, A I. ș.a. *Utilizarea energiei solare.* Editura tehnică, 1980.

(Articol intrat în redacție în iunie 1980)

Optimizarea funcționării circuitelor de răcire din centralele electrice în scopul reducerii consumurilor specifice pe agregat. Procedeul de pasivizare a țevilor de condensator prin dozare de sulfat feros*)

Chim. **Alice-Anca Cocoș****)

Dificultățile întîlnite frecvent în exploatarea curentă a circuitelor de răcire sînt, cel mai adesea, justificate prin insuficienta calitate a apei de răcire, natura și starea aliajului și condițiile de exploatare.

Majoritatea defecțiunilor semnalate în funcționarea condensatoarelor și răcitoarelor auxiliare sînt cauzate exclusiv (sau în mare măsură) de coroziunea țevilor de alamă, pe partea de apă de răcire.

În ordinea descrescătoare a frecvenței apariției defecțiunilor, acestea sînt:

— coroziune pitting;
— coroziune datorită fisurilor produse de tensiune;
— coroziune prin eroziune;
— dezalierea alamelor;
— coroziuni provocate de vibrații (oscilații).

1. Inițierea și evoluția coroziunii pitting

Acest tip de coroziune se caracterizează prin aceea că adîncimea ciupiturilor pitting este mai mare decît diametrul acestora. În privința mecanismelor de inițiere a coroziunii localizate există patru variante [1]. Două din mecanismele de producere a acestei coroziuni țin de faza de început a exploatării țevilor; celelalte două mecanisme sînt legate de perioadele de opriri din funcționarea agregatelor.

1.1. *Primul mecanism*

Materialele solide din apa de răcire (mîlul) sau solidele (suspensii), rezultate prin precipitarea carbonatului de calciu, la depășirea limitei de solubilitate se pot depune concomitent, cu formarea unor straturi microporoase, mai mult sau mai puțin bune conducătoare electric. Aceste depuneri, pe suprafețe mari, au efect de catozi; suprafețele mici, neacoperite, devin anozi.

Straturile acoperitoare împiedică reacțiile anodice normale la suprafața aliajului; în schimb, aceste reacții se concentrează în zonele neacoperite (conform legii suprafeței). În aceste locuri apar coroziunile pitting.

1.2. *Mecanismul al 2-lea*

În acest caz, coroziunea pornește de la incluziunile neferoase (zgură, țunder) rămase pe țevile noi din fabricație. În legătură cu buna conductivitate electrică a acestor impurități, marginile incluziunii devin anozi și, mai tîrziu, de la aceste contururi se formează pittingurile, de dimensiuni mari.

Aceste două cauze ale coroziunii pitting pot fi anulate prin alegerea unor țevi noi, corespunzătoare, și prin utilizarea, cît se poate de timpuriu, a curățirii mecanice continue, cu bile de cauciuc spongios.

1.3. *Mecanismul al 3-lea*

Acesta este legat de perioadele de opriri din funcționare, cînd se pot produce deteriorări locale ale stratului protector de oxizi, respectiv cojirea acestuia. Descoperirea suprafeței inițiale a aliajului, neprotejat, determină apariția unor reacții anodice accelerate în aceste locuri, comparativ cu restul suprafeței, acoperite, care are rol de catod. Locurile anodice duc la apariția coroziunii pitting.

1.4. *Mecanismul al 4-lea*

De asemenea, tot în perioadele de opriri poate apărea deteriorarea directă a stratului acoperitor de Cu_2O, prin reacții chimice locale: prin uscarea stropilor de apă de răcire rămași se formează cloruri, sulfați, hidroxizi, care generează în aceste locuri atacul aliajului. Acestea sînt locurile viitoarelor ciupituri pitting. În privința evoluției găurilor de coroziune, adîncimea acestora nu crește liniar în timp. Perioadele de creștere și stagnare se interschimbă necontrolat. Nu sînt posibile prevederi în ce privește momentul străpungerii peretelui țevii.

Fixarea unor straturi străine protectoare prin dozare de sulfat feros compensează insuficienta calitate a stratului propriu de Cu_2O

*) Referat prezentat la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a Institutului politehnic „Traian Vuia"-Timișoara, oct. 1979.
**) cercetător științific — ICEMENERG.

micșorînd probabilitatea de inițiere a coroziunii pitting la țevile noi și stagnarea evoluției acestei coroziuni la țevile în fiuncționare.

2. Coroziunea datorită fisurilor sub tensiune

Acest tip de coroziune se manifestă prin fisuri longitudinale, cît și transversale [3].

Fisurile cristaline longitudinale sînt specifice primelor faze de funcționare a țevilor ale căror cauze sînt tensiunile interne remanente de la fabricație. Aceste tip de coroziune este astăzi mai puțin frecvent, datorită generalizării procedeului de recoacere a țevilor înainte de retubarea schimbătoarelor de căldură.

După perioade de timp mai lungi de funcționare apar, însă, fisuri transversale intercristaline, de obicei la 3—5 mm de capătul laminat. S-a constatat că, totdeauna, astfel de fisuri pornesc de la deteriorarea minimă a stratului protector de Cu_2O în zona de laminare. Mecanismul de producere a fisurii presupune mai multe secvențe :

— formarea stratului de oxid, înaintînd în metal topotactic ;

— penetrarea stratului uniform în aliaj, pînă la capătul unor dislocări datorate unor tensiuni în metal ;

— clivarea pe primul plan de dislocări, împărțind în două filmul de oxid cupros : se expune oxidării o porțiune proaspătă de metal ;

— metalul liber devine anod : are loc reformarea Cu_2O, pînă la atingerea planului următor de clivaj ;

— apare, pe mai departe, o împărțire a filmului de Cu_2O ; urmează aceleași secvențe descrise anterior.

Prin această configurație în scară a planului de clivare se asigură înaintarea în metal a crăpăturii.

Se cunosc o serie de agenți chimici corosivi în compoziția apei de răcire care accelerează fenomenul descris, dintre aceștia amoniacul fiind cel mai frecvent citat.

3. Coroziunea prin eroziune

Deteriorările prin eroziune apar atunci cînd viteza de distrugere a stratului protector de la suprafața aliajului este mai mare decît cea a formării stratului protector nou. Prin urmare, rezistența la eroziune a țevilor este o funcție directă de natura stratului protector.

Coroziunea prin eroziune se răsfrînge de obicei numai asupra domeniilor de intrare a primelor căi de apă și a celor secundare, la viteze de circulație medie de 1,8—2,0 m/s. Cauzele abraziunilor formate sînt particulele de nisip transportate de apa de răcire, ca și de bulele formate prin creșterea temperaturii apei, în special pe timp de vară, ca urmare a scăderii solubilității gazelor dizolvate. În aceste condiții apare în țevi o curgere turbulentă, în formă de șurub. Eroziunile apărute liber, pe parcursul țevilor, pot fi explicate prin corpii străini fixați temporar în aceste locuri și care au creat, de asemenea, o curgere locală turbulentă a apei.

Și pentru acest tip de coroziune este propice pasivizarea țevilor cu straturi protectoare străine.

4. Coroziunea provocată de oscilații (coroziune la oboseală)

Această coroziune se caracterizează prin rupturi transversale transcristaline [3]. Se face distincția între fisurile provocate la oscilații cu ciclu redus și amplitudine mică și cele datorate oscilațiilor de frecvențe și amplitudini mari.

În primul caz se formează mai multe rupturi paralele, care încep în formă de pană și se subțiază la vîrf. Forma lor seamănă mult cu cea a fisurilor provocate de tensiunile interne din material, astfel încît se presupune că mecanismul de formare este același.

Astfel de rupturi se observă în special în țevile răcitoarelor de ulei, în prima cale de apă. Solicitările alternative constau, în acest caz, în șocuri de temperatură, după mai multe porniri ale răcitorului.

5. Dezalierea alamelor

Aceste fenomene sînt procese de coroziune selective, prin care unul dintre constituenții aliajului este îndepărtat preferențial, lăsînd o structură reziduală modificată [4].

Forma de dezaliere cea mai frecventă este dezincarea, tipurile de dezincare cunoscute fiind :

— dezincarea tip „plug", localizată, în dopuri sau găuri ;

— dezincarea tip „layer", generalizată, de tipul strat ;

— dezincarea tip „merinque", mai puțin întîlnită ; în acest caz zincul dizolvat, prin produșii săi, formează o crustă solidă în jurul punctului de dezincare.

Dezincarea în găuri este similară în efect cu pittingul, cu deosebirea că, în ultimul caz, în interiorul găurii rămîn produșii majori (clorură de cupru, carbonat de cupru, hidroxid de cupru) care pot fi recunoscuți după culoare.

Dezincarea în strat este aparent similară cu coroziunea generalizată, cu deosebirea că grosimea peretelui metalic atacat este foarte puțin sau deloc schimbată, datorită rețelei din constituentul rezidual.

În privința mecanismului dezincării se presupun trei variante :

— dizolvarea simultană a celor două componente (Cu și Zn), urmată de redepozitarea sau precipitarea constituentului major (Cu) ;

— al doilea mecanism definește tendința permanentă de coroziune a unuia dintre constituenții aliajului (Zn), care, părăsind aliajul, lasă o structură poroasă de Cu;

— al treilea mecanism propus acceptă producerea simultană a ambelor mecanisme descrise anterior.

Cauzele procesului de dezincare sînt mai puțin cunoscute, fiind cunoscuți numai factorii care influențează apariția acestui fenomen:

— procent ridicat de zinc în aliaj;

— lipsa elementelor de aliere la alame;

— condițiile de funcționare a țevilor pe partea de apă de răcire;

— supraîncălziri locale ale peretelui țevii datorate depunerilor;

— condiții stagnante de curgere;

— depozite anorganice, lipsa unui strat de Cu_2O continuu;

— clorurile (la pH neutru, conținutul mare de cloruri provoacă dezincare generalizată);

— pH-ul apei (poate avea loc dezincare de la p$H = 0{,}6$ pînă la p$H = 10$; dezincare uniformă la pH acid și generalizată la pH alcalin).

★

Optimizarea funcționării circuitelor de răcire include următoarele aspecte:

— utilizarea rațională a materialelor metalice în condiții adecvate, funcție de natura și structura lor;

— corelarea calității alamelor țevilor cu condițiile de calitate pentru apa de răcire și condițiile de exploatare a întregului circuit.

Dar, așa cum s-a arătat anterior, o importanță deosebită în viitorul comportament al țevilor de alamă în exploatare o prezintă formarea și menținerea unui strat protector propriu de Cu_2O.

Reiese, din cele expuse, că deteriorarea țevilor schimbătoarelor de căldură din aliaje de cupru prin coroziune pitting, fisuri datorate tensiunilor interne, eroziune, dezaliere, își are originea în calitatea deficitară a stratului de oxid protector.

Este greu de presupus totuși că, odată format, acest strat protector asigură imunitate alamei pe tot parcursul duratei de exploatare a țevilor.

Este interesantă din punct de vedere tehnic o metodă relativ nouă, de realizare a unui strat protector omogen și aderent de oxid străin, cu posibilități de refacere permanentă în timpul funcționării țevilor.

Există foarte multe note bibliografice cuprinzînd detalii teoretice și rezultate din exploatare privind pasivizarea țevilor din alamă cu sulfat feros [1], [3], [6], [7], [8]. Numai în R.F.G. sînt 16 centrale termoelectrice la care s-a generalizat această metodă. Procedeul a devenit standard pentru circuitele deschise de răcire.

Pasivizarea țevilor cu strat protector străin se poate realiza controlat, deci cu dozare de sulfat feros, sau necontrolat, prin corodarea țevilor de aducțiune, din oțel, a apei de răcire.

Procedeul de aplicare pentru funcționarea de durată poate fi realizat în următoarele variante:

— o dozare zilnică, cu realizarea unei concentrații de 1 ppm de Fe^{2+} în apa de răcire, timp de o oră;

— două dozări zilnice, cu aceeași concentrație de 1 ppm Fe^{2+} cîte o jumătate de oră;

— dozare continuă, pînă la 10 ppm.

Un alt procedeu de dozare continuă se realizează prin intermediul unei celule electrolitice — după procedeul FERPRO [8], care realizează electroliza apei prelevată dintr-o derivație a circuitului principal, cu ajutorul unui anod din fontă. Procedeul este utilizat în special în cazul folosirii apei de mare ca apă de răcire.

Tipul dozării (concentrația și durata) este specific fiecărui circuit și depinde de conținutul de materii organice din apa de răcire, sulfiți etc.

Concentrația dorită în circuit se realizează prin dozare de soluție de sulfat feros, concentrație 21% $FeSO_4.7H_2O$, la 20°C, preparată cu apă demineralizată.

Punctul de injecție va fi puțin înaintea intrării în schimbătorul de căldură, astfel încît timpul de parcurs pînă la schimbător să fie 200—500 s. Dacă timpul de stagnare este prea lung, începe oxidarea prematură a ionilor Fe^{2+}, cu formarea de flocoane de Fe^{3+}.

În privința aplicabilității procedeului este de menționat faptul că pasivizarea cu sulfat feros este compatibilă cu procedeele moderne de curățire continuă cu bile de cauciuc spongios, după sistem Tapprogge, a țevilor de condensatoare; în aceste condiții, straturile protectoare străine sînt uniforme și aderente, prin compactarea și nivelarea depunerilor.

Dozarea de sulfat feros se începe totdeauna după ce țevile de alamă și-au format, în mediul respectiv de lucru, stratul propriu de Cu_2O.

De asemenea, randamentul dozării nu este influențat de tratamentul cu biocide; cele două procedee nu se vor aplica concomitent.

Din studii microscopice s-a constatat că, în condițiile dozării de $FeSO_4$, pe peretele metalic stratul protector este bistratificat; peste stratul de Cu_2O este fixat un strat omogen din oxid de fier, rezultat prin hidroliză oxidativă, a cărui componentă cristalină constă din γ-FeOOH (lepidocrocit). În unele cazuri s-a constatat și existența $FeCuO_2$ (delafosit).

Particulele coloidale de $(FeOOH)_2$, încărcate electric, se fixează de suprafața metalică, sub influența cîmpului electric al straturilor protectoare de Cu_2O (cu potențial zeta).

Concentrația coloizilor de $(FeOOH)_x$ este dependentă de o serie de factori: valoarea pH, temperatura, compoziția apei de răcire, concentrația ionilor de Fe^{2+}.

Randamentul de formare a coloizilor crește cu valoarea pH, după o curbă exponențială. Se menționează că, pentru un timp de parcurs de 500 s, se așteaptă un randament de peste 50 % de formare a coloizilor: la 20°C, peste $pH = 7{,}5$, iar la 10°C peste $pH = 7{,}8$. Acest lucru se explică prin aceea că dozarea de $FeSO_4$ în apa de răcire scade pH-ul apei.

La creșterea temperaturii cu 10°C, se dublează randamentul de formare a coloizilor în domeniul de temperatură care ne interesează adică 5—25 °C.

În privința influenței compoziției apei de răcire, se știe că viteza de formare a coloizilor în apa de mare sintetică, la temperaturi scăzute, este sensibil mai mică decît în apă potabilă, fiind condiționată de existența unor sisteme-tampon.

În legătură cu modalitatea practică de realizare a procedeului de pasivizare a țevilor de condensator cu sulfat feros, se menționează că aceasta prezintă avantajul de a fi foarte simplă, necesitînd numai un vas de preparare pentru soluția de sulfat feros concentrată și pompe de dozare.

De asemenea, procedeul este aplicabil la toate materialele din care sînt confecționate în mod uzual țevile de condensator, inclusiv oțelurile Cr-Ni austenitice sau titanul curat.

Fixarea straturilor străine de oxizi de fier s-a realizat cu succes atît la țevile noi, intrate de curînd în funcțiune, cît și la țevile deteriorate deja, prin eroziune sau pitting.

Este însă necesară o supraveghere foarte riguroasă la aplicarea industrială a procedeului, deoarece hidroxidul de fier (III), dacă este format în cantitate prea mare, adăugat la mîlul existent pe țevi sau la suspensiile rezultate în circuitul apei de răcire, diminuează considerabil transferul termic, riscîndu-se chiar înfundarea unor țevi cu circulație dificilă.

În aceeași direcție, a optimizării funcționării circuitelor de răcire, cu reducerea corespunzătoare a consumului de metal pe agregat, se poate acționa însă și asupra condițiilor de calitate a apei de răcire.

Este de menționat că, în cadrul ICEMENERG — Laboratorul de chimie —, se studiază în prezent și sînt în curs de elaborare indicii chimici limită pentru apa de răcire în scopul evitării caracterului agresiv al acesteia față de țevile de alamă; valorile stabilite vor folosi la întocmirea prescripțiilor energetice privind indicii de calitate ai apei din circuitele de răcire din centralele termoelectrice ale M.E.E.

Bibliografie

[1] Effertz, P. H. și Fichte, W. *Die Eisensulfat-Dosierung in Kühlsystemen — Grundlagen und Anwendung.* În: VGB, 57, nr. 2, 1977.

[2] Effertz, P. H. *Kühlwasserseitige Korrosion an Kondensatoren und Kühlern in Kraftwerken.* În: VGB, 54, nr. 2, 1974, p. 82—93.

[3] Effertz, P.H. *Kühlwasserseitige Schutz von Kondensatoren und Kühlerberohrungen durch Eisensulfatdosierung.* În: Der Maschinenschaden, 49, nr. 4, 1976, p. 163—172.

[4] Groza, I. și Cocoș, A. *Considerații privind fiabilitatea tubulaturii de alamă folosită la instalațiile energetice.* În: Energetica 27, nr. 5, 1979, p. 192—197.

[5] Uhling, H. H. *Korrosion und Korrosionschutz* — Cap. *Kupfer und Kupferlegierung,* 1971.

[6] Reynolds, S. D. și Pement, F. W. *Corrosion failures of tubing in power station auxiliary heat exchangers.* În: Mater. Perform., sept. 1974, p. 21—28.

[7] Worth, R. F. *The protection of Cu by ferrous sulfate addition.* În: Corrosion Science, 8, nr. 3, 1968, p. 149—157.

[8] * * * *Intreținerea țevilor de condensatoare în centrala Dunkerque.* În: Rev. Gén. de Thermique, 15, nr. 174 — 175, 1976, p. 505—519.

(Articol intrat în redacție la 13 februarie 1980)

Diagrama de control al calității reglajului căldurii livrate pentru alimentarea serelor

Dr. ing. L. Oancea*)

Serele legumicole reprezintă un exigent consumator tehnologic de căldură sub formă de apă fierbinte, care necesită un regim termic propriu și o mare elasticitate a sistemului de reglare a livrării.

Particularitățile alimentării cu căldură a serelor impun necesitatea realizării unei concordanțe orare permanente între livrare și sarcina termică, foarte variabilă, a consumatorului.

Aceasta se poate obține avantajos prin aplicarea unui reglaj calitativ-cantitativ care să preia rapid variațiile importante de sarcină termică prin modificarea coordonată a temperaturii și debitului de agent de încălzire vehiculat.

Ținînd seama și de faptul că menținerea temperaturii interioare în seră este o cerință tehnologică, rezultă că este obligatorie urmărirea continuă, și nu pe intervale de reglaj, a calității livrării căldurii, pentru eliminarea riscului de insuficiență a debitului termic livrat sau a unor consumuri neraționale.

În scopul conducerii corecte a livrării și controlului permanent al siguranței și economicității alimentării, se recomandă utilizarea în exploatarea curentă a unei diagrame de control al respectării corelației care trebuie să existe între parametrii agentului termic la ieșire din instalațiile de încălzire sau din punctul

*) Dr. ing. Laurențiu Oancea lucrează la Întreprinderea Electrocentrale Ploiești.

termic, denumită în cele ce urmează diagrama de sinteză a livrării optime a căldurii la sere.

Diagrama propusă se bazează pe faptul că în cazul serelor sarcina termică de încălzire este practic omogenă, cu un grad ridicat de concentrare, și se utilizează același tip de aparate pentru cedarea căldurii, plasate la consumatori identici, situați la distanțe scurte și aproximativ egale.

În aceste condiții, temperatura agentului termic la ieșire din instalații sau din punctul termic reflectă sintetic, prin mărimea ei, gradul de asigurare cu căldură a consumatorului pentru valoarea corespunzătoare a temperaturii pe ducere și a debitului vehiculat.

În funcție de respectarea acestei corelații, dată sub forma unei nomograme simple (fig. 2), personalul de exploatare poate să ia măsuri operative de menținere a echilibrului permanent între livrare și consum.

În cele ce urmează se prezintă modul de determinare a expresiei matematice a diagramei de sinteză, stabilindu-se în prealabil ecuațiile temperaturii apei în conductele de termoficare pentru debite parțiale de agent termic vehiculat. În continuare se expune metoda de verificare a calității livrării căldurii cu ajutorul diagramei propuse și avantajele aplicării acesteia.

1. Expresia matematică a diagramei de sinteză

Calculul diagramei de sinteză a livrării optime a căldurii la sere ține seamă de particularitățile consumatorului, prin ecuațiile temperaturii apei în conductele de ducere și întoarcere, scrise în funcție de sarcina termică și debitul de apă relativ.

Se va considera situația întîlnită practic la marile complexe de sere legumicole din țara noastră, și anume sarcină termică omogenă și racordarea directă a instalațiilor de încălzire, cu sau fără existența amestecului.

1.1. *Ecuațiile temperaturii apei în cazul reglării calitative în trepte de debit*

Se vor stabili ecuațiile temperaturii apei în conductele de ducere și întoarcere pentru reglarea calitativă, în cazul vehiculării unor debite constante de agent termic, dar diferite de debitul nominal.

În acest scop se utilizează ecuațiile termice caracteristice ale instalațiilor de schimb de căldură [1] aplicate la sere, în situația racordării directe a aparatelor de încălzire.

Se pornește de la ecuațiile de bilanț termic și transfer de căldură scrise în unități relative:

$$\bar{Q} = \bar{W}\,\overline{\delta t} = \bar{K}\,\overline{\Delta t}, \qquad (1)$$

în care

Q este puterea termică pentru un regim oarecare, W;

W — echivalentul în apă al debitului de agent termic, W/grd;

δt — diferența de temperatură aferentă unui agent termic, grade;

K — coeficientul global de schimb de căldură, $W/m^2 \cdot grd$;

Δt — diferența medie de temperatură între agenții termici, grade.

$\bar{Q}$, $\bar{W}$, $\overline{\delta t}$, $\bar{K}$, $\overline{\Delta t}$ reprezintă valorile relative ale mărimilor respective, adică raportul între mărimile momentane și cele de calcul.

În cazul reglării calitative, coeficientul de reglaj fiind zero, ecuațiile generale ale reglării devin [2]:

$$\bar{W} = 1 \qquad (2)$$

$$\bar{Q} = \overline{\delta t} \qquad (3)$$

Se aplică ecuația caracteristică adimensională, pentru aparatele de schimb de căldură — registre din țevi — în cazul vehiculării unor debite parțiale, din debitul nominal (βW^c):

$$Q = \varepsilon \cdot \beta W^c \cdot \Delta\theta \qquad (4)$$

unde

β este raportul între debitul parțial vehiculat și valoarea nominală a acestuia (W^c);

ε — puterea termică specifică adimensională;

$\Delta\theta$ — diferența maximă dintre temperatura apei în conducta de ducere după amestec (t^0_{ad}) și temperatura aerului interior (t_i):

$$\Delta\theta = t^0_{ad} - t_i \qquad (5)$$

Pentru condițiile de calcul se poate scrie:

$$Q^c = W^c \cdot \delta t^c \qquad (6)$$

$$\delta t^c = t^{0c}_{ad} - t^c_{at} \qquad (7)$$

Prin împărțirea relațiilor (4) și (6), se obține;

$$\bar{Q} = \frac{\varepsilon \cdot \beta \cdot \Delta\theta}{\delta t^c}, \qquad (8)$$

adică

$$t^0_{ad} = t_i + \frac{\delta t^c}{\beta \cdot \varepsilon}\,\bar{Q} \qquad (9)$$

Puterea termică specifică adimensională, ε, se obține din relația generală (1), care, pentru debite parțiale βW^c și pentru racordarea directă a instalațiilor de încălzire, devine:

$$\varepsilon = \frac{1}{\dfrac{W^c}{KS} + b}, \qquad (10)$$

unde

S este suprafața de schimb de căldură, m^2;

b — coeficient care depinde de schema de circulație a agenților termici și intervalele de temperatură în care evoluează.

Pentru sere funcționînd cu temperatura de calcul a apei de încălzire de 150/70°C și valori uzuale ale temperaturii aerului interior (t_i) de 16—26°C, coeficientul b este de 0,57—0,59.

În expresia (10) se va înlocui produsul KS, ținînd seama de modul de variație a coeficientului global de schimb de căldură la modificarea diferenței medii de temperatură din aparatul de încălzire apă— aer dat de exponentul m din relația [3]:

$$\overline{K} = \overline{\Delta t^m} \cdot \text{Deci: } \overline{K} = \bar{Q}^{\frac{m}{1+m}} \qquad (11)$$

Cu aceasta, puterea termică pentru regimul de calcul se poate scrie:

$$Q^c = \frac{K}{\bar{Q}^{\frac{m}{1+m}}} \cdot S \cdot \Delta t^c \qquad (12)$$

Avînd în vedere relația (6), se obține:

$$KS = \frac{W^c \cdot \bar{Q}^{\frac{m}{1+m}} \cdot \delta t^c}{\Delta t^c} \qquad (13)$$

Astfel, expresia pentru puterea termică specifică adimensională în cazul de față este:

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{\beta \cdot \Delta t^c}{\bar{Q}^{\frac{m}{1+m}} \cdot \delta t^c} + b} \qquad (14)$$

Din relațiile (9) și (14) se obține ecuația temperaturii apei în conducta de ducere în cazul racordării directe, fără amestec.

$$t^0_{ad} = t_i + \Delta t^c \cdot \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + \frac{b}{\beta} \cdot \delta t^c \bar{Q} \qquad (15)$$

Puterea termică pentru un regim oarecare diferent debitului parțial de agent termic va fi:

$$Q = \beta W^c \cdot \delta t \qquad (16)$$

Sau, ținînd seama de (6):

$$\bar{Q} = \beta \frac{\delta t}{\delta t^c} = \frac{\beta}{\delta t^c} (t^0_{ad} - t_{ai}) \qquad (17)$$

Din (15) și (17) rezultă ecuația temperaturii apei în conducta de întoarcere:

$$t_{ai} = t_i + \Delta t^c \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + \frac{b-1}{\beta} \cdot \delta t^c \cdot \bar{Q} \qquad (18)$$

În situația existenței amestecului:

$$\bar{Q} = \frac{\beta}{\delta t^c_1} (t_{ad} - t_{ai}), \qquad (19)$$

unde

$$\delta t^c_1 = t^c_{ad} - t^c_{ai} \qquad (20)$$

Înlocuind (18) în (19), se obține ecuația temperaturii apei în conducta de ducere, înainte de amestec (t_{ad}):

$$t_{ad} = t_i + \Delta t^c \cdot \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + [(b-1)\,\delta t^c + \delta t^c_1] \frac{\bar{Q}}{\beta} \qquad (21)$$

Ecuațiile obținute arată că temperatura apei în conductele de termoficare depinde de valoarea relativă a sarcinii termice și a debitului, dar și de temperatura aerului interior, la sere aceasta fiind variabilă tehnologic, în funcție de cultură și anotimp.

În figura 1 este dată, pentru exemplificare, variația temperaturii apei pentru $t^c_1 = 16°C$ și opt trepte ale debitului vehiculat.

Din analiza curbelor se constată că:

— nivelul temperaturii în conducta de ducere crește pe măsură ce treapta de debit este mai mică, în timp ce temperatura în conducta de întoarcere scade;

— nivelul temperaturii medii crește odată cu scăderea treptei de debit și cu mărirea temperaturii interioare de calcul.

Ecuațiile temperaturilor determinate ca mai sus servesc și la calculul diagramelor de reglaj calitativ-cantitativ în trepte de debit utilizate în sistemele de termoficare nedotate cu echipamentele necesare realizării unei variații uniforme a debitului vehiculat în rețea.

1.2. *Stabilirea expresiei matematice a diagramei*

Expresia matematică a corelației dintre parametrii care alcătuiesc diagrama de sinteză $t_{ai} = f(t_{ad}, \beta)$ se obține din ecuațiile temperaturii apei în conductele de ducere și întoarcere date de relațiile (15), (18) și (21), scrise pentru o anumită valoare a temperaturii interioare de calcul.

Astfel, pentru cazul racordării directe cu amestec, prin adunarea și scăderea relațiilor (18) și (21) rezultă

$$t_{ad} + t_{ai} = 2t^c_1 + 2\Delta t^c \cdot \bar{Q}^{\frac{1}{1+m}} + [2(b-1)\delta t^c + \delta t^c_1] \frac{\bar{Q}}{\beta} \qquad (22)$$

$$t_{ad} - t_{ai} = \delta t^c_1 \cdot \frac{\bar{Q}}{\beta} \text{ sau } \bar{Q} = \beta \frac{t_{ad} - t_{ai}}{\delta t^c_1} \qquad (23)$$

Introducînd expresia (23) în (22), se obține:

$$t_{ad} + t_{ai} = 2t^c_i + 2\Delta t \left[\frac{\beta}{\delta t^c_1}\right]^{\frac{1}{1+m}} \cdot [t_{ad} - t_{ai}]^{\frac{1}{1+m}} +$$

$$+ [2(b-1)\,\delta t^c + \delta t^c_1] \cdot \frac{t_{ad} - t_{ai}}{\delta t^c} \qquad (24)$$

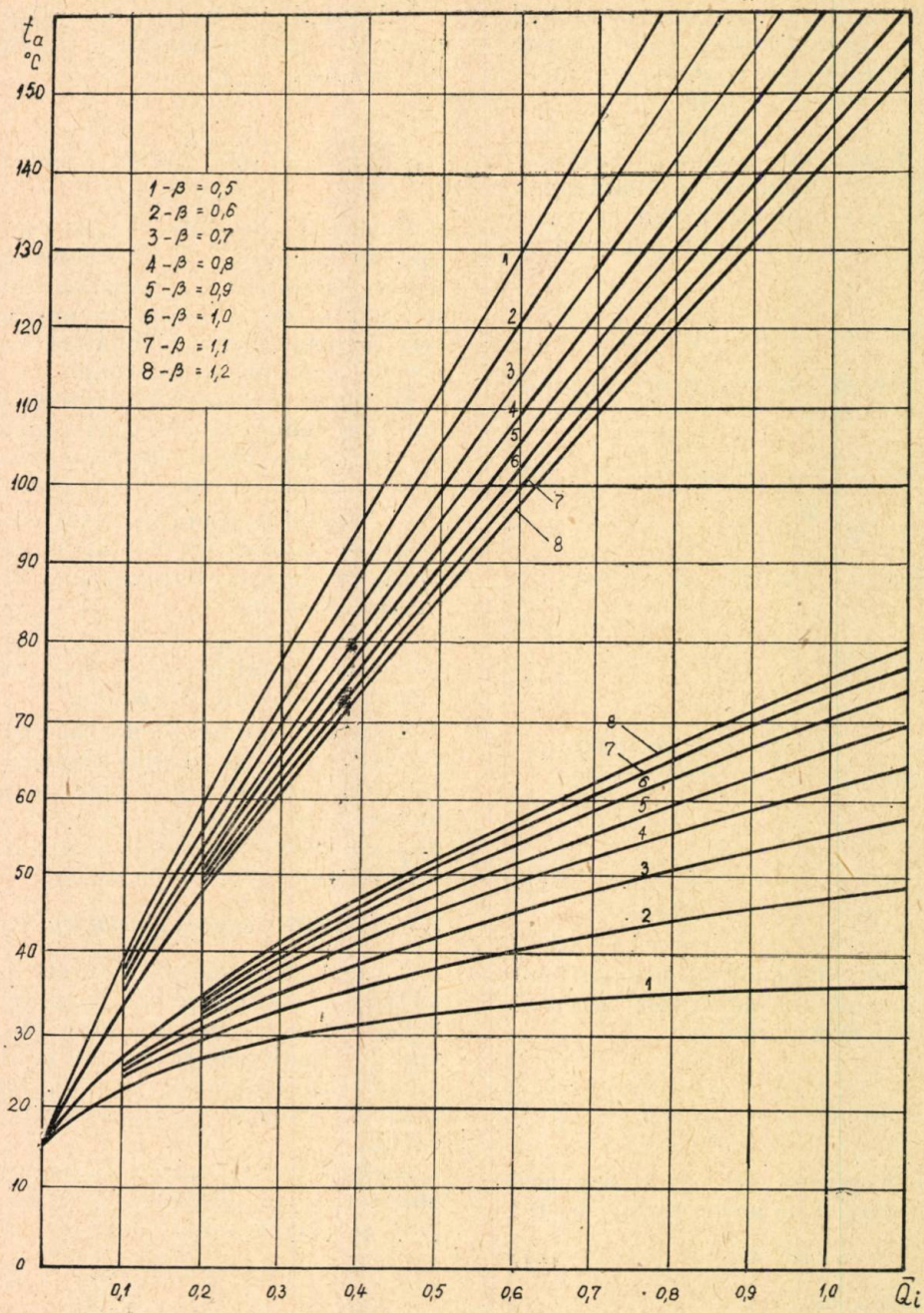


Fig. 1 Variaţia temperaturii apei în funcţie de valoarea relativă a debitului vehiculat la sere (β) pentru $t_i^c = 16$ °C.

După efectuarea calculelor matematice intermediare, care nu se consideră oportun să fie redate aici, se obţin două forme ale expresiei matematice a corelaţiei căutate:

— Pentru racordarea directă şi existenţa amestecului:

$$t_{ai} = t_{ad} \frac{t_i^c + \Delta t^c \cdot \left[\frac{\beta}{\delta t_1^c}\right]^{\frac{1}{1+m}} \cdot t_{ad}^{\frac{1}{1+m}} + t_{ad}(b-1)\frac{\delta t^c}{\delta t_1^c}}{t_{ad}\frac{[(b-1)\delta t^c + \delta t_1^c]}{\delta t_1^c} + \frac{\Delta t^c}{1+m} \cdot \left[\frac{\beta}{\delta t_1^c}\right]^{\frac{1}{1+m}} \cdot t_{ad}^{\frac{1}{1+m}}} \quad (25)$$

Pentru racordarea directă la înaltă temperatură, fără amestec:

$$t_{ai} = t_{ad}^0 \frac{t_i^c + \Delta t^c \cdot \left[\frac{\beta}{\delta t^c}\right]^{\frac{1}{1+m}} \cdot t_{ad}^{0\,\frac{1}{1+m}} + (b-1)t_{ad}^0}{b \cdot t_{ad}^0 + \frac{\Delta t^c}{1+m} \cdot \left[\frac{\beta}{\delta t^c}\right]^{\frac{1}{1+m}} \cdot t_{ad}^{0\,\frac{1}{1+m}}} \quad (26)$$

Cu ajutorul relaţiilor obţinute, (25) şi (26), în funcţie de datele concrete, se obţin familii ale diagramelor de sinteză pentru livrarea optimă a căldurii la serele legumicole, din care se prezintă un exemplu în figura 2.

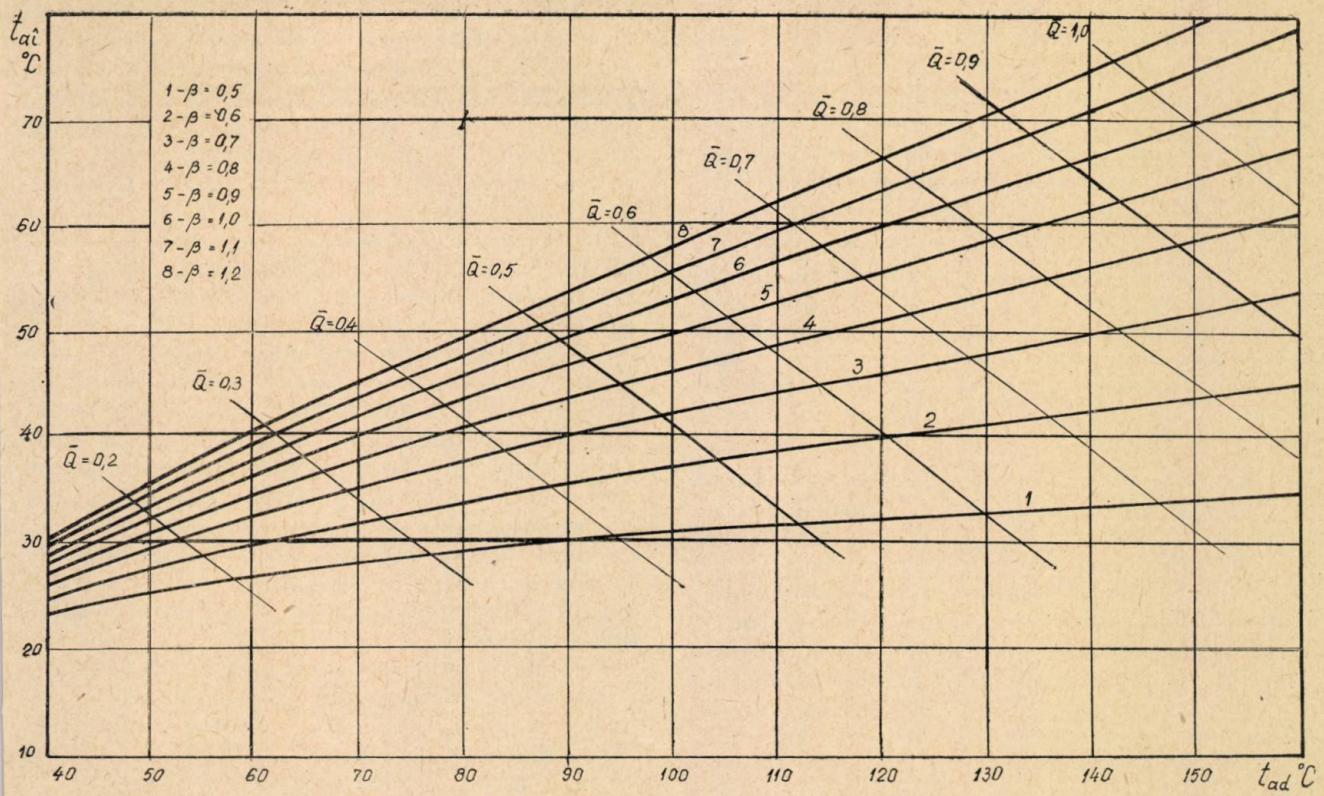


Fig. 2. Diagrama de sinteză a livrării optime a căldurii la sere pentru $t_i^c = 16$ °C.

Analiza efectuată reliefează faptul că valori mai ridicate ale temperaturii interioare de calcul implică o temperatură mai mare a apei la ieşire din instalaţiile de încălzire, pentru ceilalţi parametri neschimbaţi, cu efecte economice nefavorabile la CET.

Acest lucru trebuie avut în vedere în practică în sensul utilizării diagramei calculate pentru valoarea optimă a t_i^c, dictată de cerinţele tehnologice variabile în decursul perioadei de încălzire.

2. Utilizarea diagramei de sinteză

Stabilirea modului de utilizare a diagramei de sinteză şi a unor măsuri tehnice pentru mărirea eficienţei aplicării acesteia are în vedere curbele de variaţie reală a necesarului de căldură în funcţie de amortizarea termică şi defazajul faţă de variaţia temperaturii exterioare la consumator.

Defazajul de timp poate să fie introdus de inerţia termică a construcţiei şi de durata transportului agentului termic.

Datorită lipsei de inerţie termică a construcţiei propriu-zise, totalul pierderilor de căldură ale serei (schimb global de căldură prin suprafeţele delimitatoare vitrate, precum şi pierderile de căldură pentru ventilare şi încălzirea aerului exterior infiltrat) este practic simultan cu temperatura exterioară. Necesarul de căldură al serei urmăreşte cu fidelitate variaţia parametrilor mediului exterior care se transmit în interior imediat, defazarea şi amortizarea undelor de temperatură fiind neglijabile. Peretele serei nu joacă rol de volant termic.

Rezultă că, spre deosebire de construcţiile civile, la sere necesarul de căldură nu este defazat şi nici amortizat în timp de inerţia termică a construcţiei, acesta apărînd în momentul de timp la care se referă parametrii climatici exteriori.

Rămîne defazajul datorat vitezei limitate a apei în conducte, care decalează corespunzător momentele de valabilitate ale ecuaţiilor temperaturii pe ducere şi întoarcere, fiind necesară luarea măsurilor care se vor arăta în continuare.

2.1. *Reducerea defazajului de timp introdus de transportul agentului termic*

Faţă de momentul h considerat la instalaţiile consumatorului, expresiile temperaturilor apei sînt valabile la momente diferite în punctul termic şi la sursa de căldură, în funcţie de intervalele de timp în care are loc transportul. Este vorba de durata necesară deplasării agentului de încălzire între punctul termic şi instalaţiile consumatoare, sau invers ($\Delta h1$) egală cu 0—15 minute, şi de durata de transport de la sursă la punctul termic, sau invers ($\Delta h2$), care poate să aibă valori importante, de 1,5—2,5 ore.

Avînd în vedere acoperirea necesarului de căldură în momentul de timp h considerat, sînt de precizat următoarele:

— Mărimea temperaturii în conducta de ducere la plecare din CET trebuie să corespundă sarcinii termice aferente valorilor pe care le vor înregistra parametrii climatici în momentul în care agentul termic va ajunge la consumator, adică peste $\Delta h1 + \Delta h2$ ore.

— Valoarea temperaturii din conducta de întoarcere la CET reprezintă o informație asupra comportării consumatorului în urmă cu $\Delta h1 + \Delta h2$, față de momentul sosirii agentului de încălzire, neputînd fi utilizată ca atare la stabilirea regimului de funcționare în continuare.

O importanță deosebită pentru efectuarea reglajului și controlul livrării căldurii are însă valoarea temperaturii în conducta de întoarcere la ieșirea din punctul termic, telemăsurată la CET. Aceasta constituie o informație concludentă asupra modului de comportare a consumatorului și un element important pentru determinarea regimului de funcționare în continuare. Împreună cu temperatura pe ducere din punctul termic, de asemenea telemăsurată la CET, și cu debitul vehiculat reprezintă elementele care stau la baza diagramei și metodei propuse de control și conducere a livrării căldurii la sere.

Telemăsura elimină defazajul de timp în sosirea informației de la punctul termic la CET ($\Delta h2$), iar pentru reducerea decalajului în sosirea la consumator a efectului modificării debitului termic livrat ($\Delta h1 + \Delta h2$) se propune să se acționeze asupra debitului de agent transportat.

Rămîne astfel numai defazajul de timp $\Delta h1$ aferent temperaturii pe întoarcere, care se poate elimina la complexele de sere unde este posibilă stabilirea unei instalații de încălzire reprezentative, de la care să se facă telemăsurarea temperaturii de intrare și ieșire.

2.2. *Modul de utilizare a diagramei*

Conform metodologiei arătate, se construiește diagrama de sinteză a livrării optime a căldurii pentru condițiile concrete și pentru temperatura de calcul a aerului interior.

La o anumită valoare a sarcinii termice impusă de condițiile climatice exterioare, se realizează în rețeaua de termoficare debitul de apă și temperatura în conducta de ducere, rezultate din graficul de reglaj calitativ-cantitativ, calculat în prealabil pentru coeficientul optim de reglaj.

Conducerea livrării și controlul în continuare al calității alimentării cu căldură se efectuează prin urmărirea respectării corelației date de diagrama de sinteză.

În situația evoluției normale a factorilor climatici exteriori, sarcina termică variază relativ uniform, iar corelația de mai sus realizează fără dificultate, prin acționarea temperaturii apei pe ducere și eventual a debitului. O temperatură mai coborîtă decît indică diagrama pentru conducta de întoarcere este dovada unui debit de căldură insuficient livrat, care trebuie mărit. Invers pentru cazul temperaturii mai ridicate.

Tendința de scădere sau creștere a temperaturii apei în conducta de întoarcere, observată pe diagrama înregistratoare, pentru aceleași condiții de debit și temperatură pe ducere, indică începutul dezechilibrului între livrare și consum și semnalează dispecerului de termoficare din CET necesitatea luării măsurilor de corectare.

Pentru tendință sau variație bruscă a temperaturii pe întoarcere, măsura imediată pentru restabilirea echilibrului termic este acționarea asupra debitului, efectul lui fiind foarte rapid în modificarea cantității de căldură livrate. În același timp se acționează, în consecință, și asupra temperaturii apei pe ducere, urmărindu-se influența la consumator.

În funcție de durata de propagare a efectului variației de temperatură și restabilirea echilibrului termic, se revine la debitul și temperaturile indicate de graficul de reglaj ca optime pentru noua sarcină termică.

Pentru mărirea eficacității modului de reglare descris se recomandă realizarea în sistemul de termoficare a următoarelor măsuri tehnice:

— Telemăsurarea cu înregistrare a temperaturii apei din nodul termic al consumatorului în camera de comandă a dispecerului de termoficare al CET.

— Reglarea corectă a instalațiilor interioare ale consumatorului pentru asigurarea unei distribuții uniforme a agentului termic în sistemul local.

— Reducerea debitului de apă în rețea trebuie să aibă în vedere menținerea stabilității hidraulice a sistemului și a disponibilului de presiune minim necesar circulației normale în instalațiile interioare.

— Stabilirea măsurilor de obținere economică a debitului variabil la sursă, inclusiv mecanizarea și centralizarea manevrelor necesare. Utilizarea pompelor de rețea cu turație variabilă permite reglarea centralizată, uniformă și economică a debitului.

Pentru perspectivă se amintește posibilitatea obținerii debitului uniform variabil la marile sisteme de termoficare prin utilizarea de turbopompe cu contrapresiune foarte coborîtă sau cu vid înrăutățit care să utilizeze pentru răcire apa de rețea.

Se menționează în acest cadru și problema apariției în unele perioade a unor sarcini termice mai mari decît valoarea nominală, datorate unor condiții de climă excepționale, care nu au fost considerate la proiectarea instalațiilor.

Avînd în vedere consecințele grave ale neacoperirii acestor supravîrfuri la sere, se recomandă ca la sursa de căldură asemenea situații

să se aibă în vedere chiar dacă probabilitatea de apariţie a lor este mică.

Întrucît rezerva trebuie să fie operativă, se propune soluţia creşterii sarcinii termice livrate prin vehicularea unui debit de agent termic supraunitar, la temperatura nominală a apei pe ducere.

Creşterea debitului vehiculat se obţine prin utilizarea pompelor de reţea la valoarea maximă dată de puterea nominală a motorului de antrenare şi prin folosirea pompelor de rezervă. Cum în aceste condiţii, de regulă, nu mai există nici rezervă în sursa de căldură, trebuie apelat la cooperarea cu alţi consumatori, la care este posibilă limitarea temporară a consumului.

Concluzii

Pentru urmărirea continuă a calităţii alimentării cu căldură a serelor, s-a recomandat utilizarea unei diagrame de conducere şi control al livrării, întocmită pe baza relaţiei dintre parametrii agentului termic la consumator.

Întrucît prin aceasta reglarea debitării căldurii se poate face în ritmul necesarului orar, şi nu ca valori medii pe intervale de reglaj, se realizează o concordanţă mai bună între livrare şi sarcina termică, foarte variabilă, a consumatorului.

Se obţine astfel o urmărire permanentă a siguranţei în alimentare în condiţiile raţionalizării maxime a consumului.

Reducerea defazajelor de timp prin telemăsurarea cu înregistrare a temperaturii şi acţionarea asupra debitului conferă procedeului o mare elasticitate şi o eficienţă deosebită reglării.

Diagrama de sinteză propusă reprezintă un instrument obiectiv pentru aprecierea corectă a valorii normale a temperaturii în conducta de întoarcere şi pentru aplicarea tarifelor de penalizare-bonificaţie, cointeresînd consumatorul în realizarea ecartului maxim de temperatură.

Se recomandă de asemenea utilizarea ei în schemele de automatizare a punctelor termice, putîndu-se adopta şi pentru alte tipuri de consumatori.

Bibliografie

[1] Sokolov, E. Ia. *Teplofikaţiia i teplovie seti.* Gos. energoizdat, Moscova, 1963.

[2] Oancea, L. *Aspecte specifice privind reglarea livrării căldurii produse în termoficare pentru încălzirea serelor.* În: Energetica, 27, nr. 9, 1979.

[3] Petrescu, A. ş.a. *Instalaţii de încălzire centrală în ansambluri de clădiri.* Editura tehnică, Bucureşti, 1973-

(Articol intrat în redacţie la 30 ianuarie 1980)

Schemă pentru protecţia diferenţială împotriva scurtcircuitelor în sisteme electrice

Ing. E. Covar*)

Articolul de faţă se referă la o schemă de protecţie diferenţială, care serveşte ca protecţie de bază împotriva scurtcircuitelor a generatoarelor, transformatoarelor, liniilor, barelor colectoare, motoarelor electrice etc.

Sînt cunoscute scheme ale protecţiei diferenţiale care funcţionează prin compararea curenţilor din secundarele transformatoarelor de curent, aceştia fiind aproximativ proporţionali cu curenţii primari. Aceste scheme prezintă dezavantajul unor curenţi de dezechilibru care circulă prin înfăşurarea de lucru a releului diferenţial, datoraţi neidentităţii transformatoarelor de curent ale căror secundare sînt legate în paralel, respectiv neidentităţii impedanţelor schemei echivalente a transformatorului de curent. Acest dezavantaj sporeşte considerabil în cazul în care distanţele între transformatoarele de curent şi între acestea şi releul diferenţial sînt mari.

Schema pentru protecţia diferenţială propusă înlătură acest dezavantaj, prin aceea că, în scopul eliminării influenţei neidentităţii transformatoarelor de curent şi al compensării parţiale a erorilor de raport ale acestora, utilizează cîte o rezistenţă parcursă de curentul secundar la fiecare transformator de curent, cîte două cursoare la fiecare rezistenţă, care culeg o tensiune în fază cu curentul secundar şi avînd modulul proporţional cu curentul ce parcurge primarul transformatorului de curent, un circuit diferenţial care însumează vectorial tensiunile culese pe rezistenţe şi le aplică unui releu cu impedanţa internă foarte mare, care prin contactele sale comandă declanşarea întreruptoarelor elementului de reţea protejat.

În cele ce urmează se dau patru exemple de realizare, în legătură şi cu figurile 1, 2, 3, 4,5 şi 6, care reprezintă:

— figura 1 — schema protecţiei diferenţiale propuse aplicată unei linii electrice în cablu;

— figura 2 — schema electrică echivalentă a protecţiei diferenţiale avînd schema din figura 1;

— figura 3 — schema releului diferenţial cu filtru trece-bandă;

*) Eugen Covar este inginer proiectant principal III la IITPIC.

— figura 4 — schema protecției diferențiale propuse cu circuit diferențial comun pentru toate fazele protejate, aplicată unei linii în cablu;

— figura 5 — schema protecției diferențiale propuse, cu efect de frînare, aplicată unui sistem simplu de bare;

— figura 6 — schema protecției diferențiale propuse, cu efect de frînare, aplicată unui sistem dublu de bare.

Exemplul 1

Schema protecției diferențiale propuse, aplicată unei linii, L, realizată în cablu, racordată la două sisteme de bare, SI și SII, prin două întreruptoare, $A1$ și $A2$, așa cum se vede în figura 1, cuprinde două transformatoare de curent, $TC1$ și $TC2$, două rezistențe calibrate, R_1 și R_2, fiecare avînd două cursoare, *1* și *2*, un releu diferențial RD, două eclatoare, $EC1$ și $EC2$, și o tensiune de comandă indicată prin semnul + în figura 1.

Căderile de tensiune pe rezistențele R_1 și R_2, produse de curenții din secundarele transformatoarelor de curent $TC1$, respectiv $TC2$, și culese între cursoarele *1* și *2*, sînt legate în opoziție de fază cu circuitul diferențial realizat cu conductoarele ce unesc cursorul *1* de la rezistența R_1 cu cursorul *1* de la rezistența R_2, cursorul *2* de la rezistența R_1 cu borna *a* și cursorul *2* de la rezistența R_2 cu borna *b*. Tensiunea rezultată la bornele *a* și *b* se aplică bobinei releului

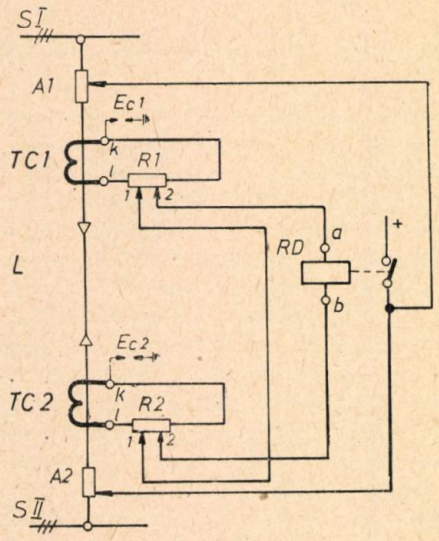


Fig. 1

diferențial RD, care este în esență un releu maximal de tensiune. Valorile rezistențelor R_1 și R_2, cuprinse între cursoarele *1* și *2* și notate în continuare cu $R_{1,12}$, respectiv $R_{2,12}$, se aleg și se reglează astfel încît, cu circuitul diferențial deschis, modulele căderilor de tensiune $\underline{U}_{R1}^{1-2}$ și $\underline{U}_{R2}^{1-2}$, pe rezistențele $R_{1,12}$, respectiv $R_{2,12}$ să fie proporționale cu modulele curenților primari $\underline{I}_{1p}$, respectiv $\underline{I}_{2p}$, care parcurg primarele transformatoarelor de curent $TC1$ și $TC2$, coeficientul K, de proporționalitate, fiind același.

$$|\underline{U}_{R1}^{1-2}| = K \cdot |\underline{I}_{1p}|; \quad |\underline{U}_{R2}^{1-2}| = K \cdot |\underline{I}_{2p}| \qquad (1)$$

Diferențele de fază între vectorii $\underline{U}_{R1}^{1-2}$ și $\underline{I}_{1p}$, respectiv $\underline{U}_{R2}^{1-2}$ și $\underline{I}_{2p}$, sînt egale cu erorile de unghi ale transformatoarelor de curent $TC1$, respectiv $TC2$, deoarece:

$$\underline{U}_{R1}^{1-2} = R_{1,12} \cdot \underline{I}_{1S}; \quad \underline{U}_{R2}^{1-2} = R_{2,12} \cdot \underline{I}_{2S}, \qquad (2)$$

în care $\underline{I}_{1S}$ și $\underline{I}_{2S}$ sînt curenții secundari ai transformatoarelor de curent $TC1$, respectiv $TC2$.

Neglijînd erorile de unghi ale transformatoarelor de curent care sînt foarte mici, se poate scrie:

$$\underline{U}_{R1}^{1-2} = K \cdot \underline{I}_{1p}; \quad \underline{U}_{R2}^{1-2} = K \cdot \underline{I}_{2p} \qquad (3)$$

Calculul tensiunii la bornele *a*, *b* se efectuează în cele ce urmează aplicînd teorema lui Thévenin schemei electrice echivalente din figura 2, în care s-au utilizat notațiile:

$\underline{Z}'_{1p}$ — impedanța echivalentă, raportată la secundar, a primarului transformatorului de curent $TC1$;

$\underline{Z}_{1S}$ — impedanța echivalentă a secundarului transformatorului de curent $TC1$;

$\underline{Z}_{10}$ — impedanța echivalentă de magnetizare a transformatorului de curent $TC1$;

$\underline{Z}_{c11}$ — impedanța căii de curent între borna *k* a transformatorului de curent $TC1$ și cursorul *2* al rezistenței R_1, care

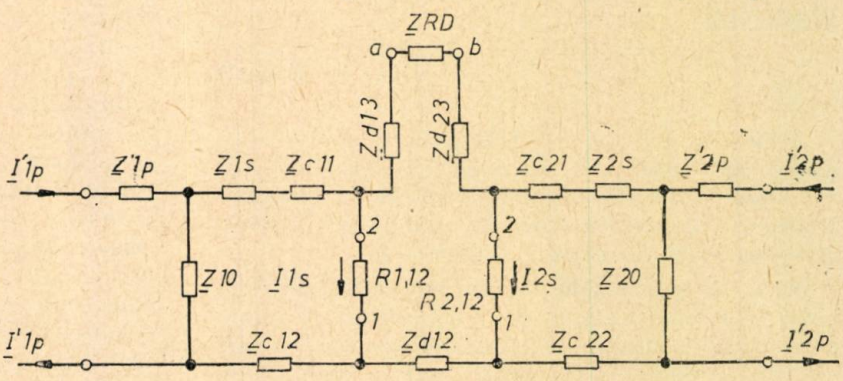


Fig. 2

poate include, pe lîngă impedanțele conductoarelor de legătură, o parte din rezistența R_1 și alte impedanțe: bobine de relee, rezistențe similare cu R_1.

$\underline{Z}_{c12}$ — impedanța căii de curent între borna *l* a transformatorului de curent $TC1$ și cursorul *2* al rezistenței R_1 (cu aceeași observație ca la $\underline{Z}_{c11}$);

$\underline{Z}_{d12}$ — impedanța căii de curent între cursorul *1* al rezistenței R_1 și cursorul *1* al rezistenței R_2, incluzînd și rezistențele de contact de la fiecare cursor la rezistența respectivă;

$\underline{Z}_{d13}$ — impedanța căii de curent între cursorul *2* al rezistenței R_1 și borna *a*, inclusiv rezistența de contact a cursorului la rezistență;

$\underline{Z}_{d23}$ — impedanța căii de curent între cursorul *2* al rezistenței R_2 și borna *b*, inclusiv rezistența de contact a cursorului la rezistență;

$\underline{I}'_{1p}$ — curentul primar, raportat la secundar, al transformatorului de curent *TC*1:

$$\underline{I}'_{1p} = \frac{\underline{I}_{1p}}{n_{TC1}}$$

n_{TC1} — raportul de transformare al transformatorului de curent *TC*1;

$\underline{Z}_{RD}$ — impedanța bobinei releului *RD*.

Mărimile $\underline{Z}_{2p}$, $\underline{Z}_{2s}$, $\underline{Z}_{20}$, $\underline{Z}_{c21}$, $\underline{Z}_{c22}$, $\underline{I}'_{2p}$, n_{TC2} au, pentru transformatorul de curent *TC*2, aceeași semnificație ca mărimile $\underline{Z}'_{1p}$, $\underline{Z}_{1s}$, $\underline{Z}_{10}$, $\underline{Z}_{c11}$, $\underline{Z}_{12}$, $\underline{I}'_{1p}$, n_{TC1} pentru transformatorul *TC*1.

Conform teoremei lui Thévenin, tensiunea $\underline{U}_{ab}$ la bornele bobinei releului *RD* este determinată de tensiunea $\underline{U}_{gab}$, care apare în gol la bornele *a*,*b* (nu este conectată nici o impedanță) și de impedanța echivalentă $\underline{Z}_{eab}$ a sursei de tensiune, față de bornele *a*, *b*:

$$\underline{U}_{ab} = \underline{U}_{gab}\frac{\underline{Z}_{RD}}{\underline{Z}_{RD}+\underline{Z}_{eab}} = \frac{\underline{U}_{gab}}{1+\dfrac{\underline{Z}_{eab}}{\underline{Z}_{RD}}} \qquad (4)$$

În situația în care la bornele *a*, *b* nu este conectată o impedanță exterioară, prin impedanțele $\underline{Z}_{d12}$, $\underline{Z}_{d13}$, $\underline{Z}_{d23}$ nu circulă curent și deci tensiunile la bornele lor sînt nule. Rezultă:

$$\underline{U}_{gab} = \underline{U}^{1-2}_{R1} - \underline{U}^{1-2}_{R2} = K(\underline{I}_{1p}-\underline{I}_{2p}) \qquad (5)$$

Pentru calculul impedanței $\underline{Z}_{eab}$ trebuie considerat că impedanțele echivalente ale circuitelor primare, raportate la secundarele transformatoarelor de curent și parcurse de curenții $\underline{I}'_{1p}$ și $\underline{I}'_{2p}$, sînt infinite chiar și în regim de scurt-circuit, deoarece acestea sînt mult mai mari în modul decît impedanțele $\underline{Z}_{10}$, $\underline{Z}_{20}$. Prin urmare se poate considera că $R_{1,12}$ funcționează în paralel cu $\underline{Z}_{c11}$, $\underline{Z}_{1s}$, $\underline{Z}_{10}$, $\underline{Z}_{c12}$ înseriate, iar $R_{2,12}$ funcționează în paralel cu $\underline{Z}_{c21}$, $\underline{Z}_{2s}$, $\underline{Z}_{20}$, $\underline{Z}_{c22}$ înseriate. Rezultă:

$$\underline{Z}_{eab} = \underline{Z}_{d13} + \underline{Z}_{d12} + \underline{Z}_{d23} + \\ + R_{1,12}\cdot\frac{\underline{Z}_{c11}+\underline{Z}_{1s}+\underline{Z}_{10}+\underline{Z}_{c12}}{\underline{Z}_{c11}+\underline{Z}_{1s}+\underline{Z}_{10}+\underline{Z}_{c12}+R_{2,12}} + \\ + R_{2,12}\cdot\frac{\underline{Z}_{c21}+\underline{Z}_{2s}+\underline{Z}_{20}+\underline{Z}_{c22}}{\underline{Z}_{c21}+\underline{Z}_{2s}+\underline{Z}_{20}+\underline{Z}_{c22}+R_{2,12}} \qquad (6)$$

Impedanța $\underline{Z}_{RD}$ se alege astfel încît $\dfrac{|\underline{Z}_{eab}|}{|\underline{Z}_{RD}|}$ să fie neglijabil față de 1, adică

$$\frac{|\underline{Z}_{eab}|}{|\underline{Z}_{RD}|} \cong 0 \qquad (7)$$

pentru următoarele motive:

— Tensiunea $\underline{U}_{ab}$, de care depinde atît funcționarea cît și reglajul protecției diferențiale, devine practic independentă de impedanțele din relația (6) și de impedanța $\underline{Z}_{RD}$. Prin urmare, circuitul diferențial poate fi realizat cu conductoare de secțiuni mici și lungimi mari, nefiind necesară o atenție deosebită la rezistențele de contact, inclusiv ale cursoarelor *1*, *2* pe reistențele R_1, R_2, și nici cunoașterea impedanțelor din relația (6), iar variația impedanțelor de magnetizare $\underline{Z}_{10}$, $\underline{Z}_{20}$ cu satuația circuitului magnetic al transformatoarelor de curent *TC*1, *TC*2 și variația rezistențelor din impedanțele din relația (6) cu temperatura nu influențează egalitatea

$$\underline{U}_{ab} \cong \underline{U}_{gab} = K\cdot(\underline{I}_{1p}-\underline{I}_{2p}) \qquad (8)$$

— Curentul din circuitul diferențial este mic, astfel că piesele pe care le parcurge pot fi dimensionate în condiții ușoare, iar injecția acestui curent în rezistențele R_1, R_2 prin cursoarele *1*, *2* nu modifică, decît în măsură neglijabilă, circulația curenților prin rezistențele R_1, R_2 și deci nici valoarea rezistențelor echivalente $R_{1,12}$, $R_{2,12}$.

Din cele expuse se desprinde concluzia calitativă că, curentul de circulație între secundarele transformatoarelor de curent, respectiv curentul ce parcurge circuitul diferențial, fiind mic, este eliminată în mare parte influența neidentității transformatoarelor de curent. Totuși, aceasta se manifestă prin intermediul erorii de raport a transformatoarelor de curent care influențează coeficientul K și este analizată în cele ce urmează.

Din schema din figura 2, considerînd circuitul diferențial deschis, se poate deduce:

$$\underline{U}^{1-2}_{R1} = R_{1,12}\underline{I}_{1s} = \underline{I}'_{1p}\frac{R_{1,12}\cdot\underline{Z}_{10}}{\underline{Z}_{10}+\underline{Z}_{1s}+\underline{Z}_{c11}+\underline{Z}_{c12}+R_{1,12}} = \\ = \underline{I}_{1p}\frac{R_{1,12}}{n_{TC1}}\frac{\underline{Z}_{10}}{\underline{Z}_{10}+\underline{Z}_{1s}+\underline{Z}_{c11}+\underline{Z}_{c12}+R_{1,12}} \qquad (9)$$

Erorile de unghi și de raport ale transformatorului de curent *TC*1 sînt determinate de factorul:

$$\underline{F}_{e1} = \frac{\underline{Z}_{10}}{\underline{Z}_{10}+\underline{Z}_{1s}+\underline{Z}_{c11}+\underline{Z}_{c12}+R_{1,12}}$$

În regim normal de funcţionare a circuitelor primare, $\underline{Z}_{10}$ depăşeşte cu mult în modul celelalte impedanţe din expresia lui $\underline{F}_{e1}$, astfel că eroarea de unghi şi eroarea de raport sînt mici. Neglijînd eroarea de unghi, se poate scrie:

$$K = \frac{R_{1.12}}{n_{TC1}} \cdot |\underline{F}_{e1}| = \frac{R_{2.12}}{n_{TC2}} \cdot |\underline{F}_{e2}|, \qquad (10)$$

în care factorul $\underline{F}_{e2}$ are aceeaşi semnificaţie pentru transformatorul de curent $TC2$ ca şi $\underline{F}_{e1}$ pentru $TC1$.

Se observă că se poate realiza acelaşi coeficient K pentru transformatoare de curent cu raport de transformare diferit, reglînd corespunzător cursoarele 1,2 pentru a realiza rezistenţele corespunzătoare $R_{1.12}$, $R_{2.12}$. Prin acelaşi reglaj se corectează şi erorile de raport, chiar fără a fi necesară cunoaşterea impedanţelor ce determină $\underline{F}_{e1}$, $\underline{F}_{e2}$. Reglajul cursoarelor 1,2 se face măsurînd tensiunea între ele cu un voltmetru cu rezistenţă internă foarte mare, în timp ce primarul transformatorului de curent este parcurs de un curent măsurat cu precizie cît mai mare, astfel încît să fie îndeplinite relaţiile (3), în care K este stabilit dinainte. Corecţia erorilor de raport este valabilă pentru acest curent, ţinînd seama şi de impedanţele conectate în secundarul transformatorului de curent, şi se menţine atît timp cît nu variază impedanţele din expresiile factorilor $\underline{F}_{e1}$, $\underline{F}_{e2}$ şi rezistenţele $R_{1.12}$ şi $R_{2.12}$.

În acest scop sînt necesare următoarele condiţii:

— coeficienţii de saturaţie reali ai transformatoarelor de curent să fie suficient de mari pentru a reduce variaţia impedanţelor $\underline{Z}_{10}$, $\underline{Z}_{20}$ datorită saturaţiei circuitului magnetic.

— Rezistenţele R_1, R_2 să fie construite dintr-un material cu coeficient foarte mic de variaţie a rezistivităţii în raport cu temperatura, iar limitele de temperatură atinse în regim de scurtcircuit să nu fie prea mari, ceea ce se realizează mai uşor cu curenţi secundari nominali de 1 A.

— Contactul cursoarelor 1, 2 pe rezistenţele R_1, R_2 să se realizeze printr-o suprafaţă foarte mică, pentru a se evita ramificarea unor curenţi din rezistenţă prin materialul cursorului.

Măsurile de mai sus limitează şi erorile de unghi ale transformatoarelor de curent. În legătură cu acestea este de observat că erorile de unghi influenţează funcţionarea protecţiei diferenţiale numai în măsura în care influenţează modulul tensiunii $\underline{U}_{gab}$ (nu şi argumentul ei), deoarece releul diferenţial lucrează numai în funcţie de modulul $|\underline{U}_{gab}|$. Dacă erorile de unghi ale celor două transformatoare de curent $TC1$ şi $TC2$ sînt egale şi de acelaşi semn în fiecare moment, modulul $|\underline{U}_{gab}|$ nu este influenţat. De asemenea, variaţia erorilor de unghi este, de regulă, mult mai mică decît variaţia erorilor de raport.

Pentru schema din figura 1 se poate face o verificare a echilibrării circuitului diferenţial cînd linia L se află în sarcină, măsurînd tensiunea la bornele a, b cu un voltmetru cu rezistenţă internă mare, conectat în locul bobinei releului RD.

Din cele expuse se poate conchide că tensiunea de dezechilibru a circuitului diferenţial, care apare la bornele a,b în regim de scurtcircuit exterior elementului de reţea protejat, poate fi făcută relativ mică, ceea ce sporeşte considerabil sensibilitatea protecţiei diferenţiale propuse.

Eclatoarele Ec 1 şi Ec 2 sînt necesare pentru protecţia secundarelor transformatoarelor de curent împotriva supratensiunilor provenite prin străpungerea izolaţiei de la înfăşurările de înaltă tensiune. Legarea la pămînt a secundarelor transformatoarelor de curent $TC1$, $TC2$ nu este posibilă decît într-un singur punct pentru întreaga schemă, dar nici aşa nu este recomandabilă deoarece protecţia ar putea lucra greşit la o altă punere accidentală la pămînt în cazurile în care potenţialul pămîntului la transformatorul de curent $TC1$ diferă de potenţialul pămîntului la transformatorul de curent $TC2$.

Pentru desensibilizarea protecţiei diferenţiale, faţă de componenta aperiodică a curentului de scurtcircuit şi faţă de armonicile superioare, este indicată conectarea releului RD la bornele a, b printr-un transformator $T1$, o rezistenţă R şi un condensator C, care formează un circuit rezonant serie acordat pe frecvenţa reţelei şi constituie un filtru trece-bandă.

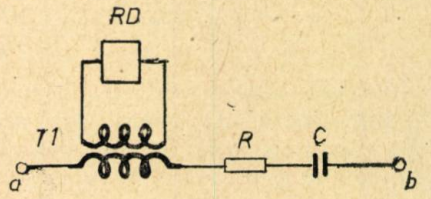


Fig. 3

Exemplul 2

În cazul în care este utilă reducerea numărului de fire din cablul care realizează circuitul diferenţial pe toate fazele protejate, se poate utiliza protecţia diferenţială cu schema din figura 4. Indicii r, s, t arată faza pe care se montează elementul respectiv, care, de altfel, are semnificaţia din figura 1. Se utilizează două relee diferenţiale $1RD$, $2RD$ pentru a comanda separat declanşarea întreruptoarelor $A1$, respectiv $A2$.

Se realizează următoarele reglaje ale cursoarelor rezistenţelor R_{1r}, R_{1s}, R_{1t}, R_{2r}, R_{2s}, R_{2t}:

$$\begin{cases} \underline{U}_{R1r}^{1-2} = K_r \underline{I}_{1pr}; & \underline{U}_{R2r}^{1-2} = K_r \cdot \underline{I}_{2pr} \\ \underline{U}_{R1s}^{1-2} = K_s \underline{I}_{1ps}; & \underline{U}_{R2s}^{1-2} = K_s \cdot \underline{I}_{2ps} \\ \underline{U}_{R1t}^{1-2} = K_t \underline{I}_{1pt}; & \underline{U}_{R2t}^{1-2} = K_t \cdot \underline{I}_{2pt} \end{cases} \qquad (11)$$

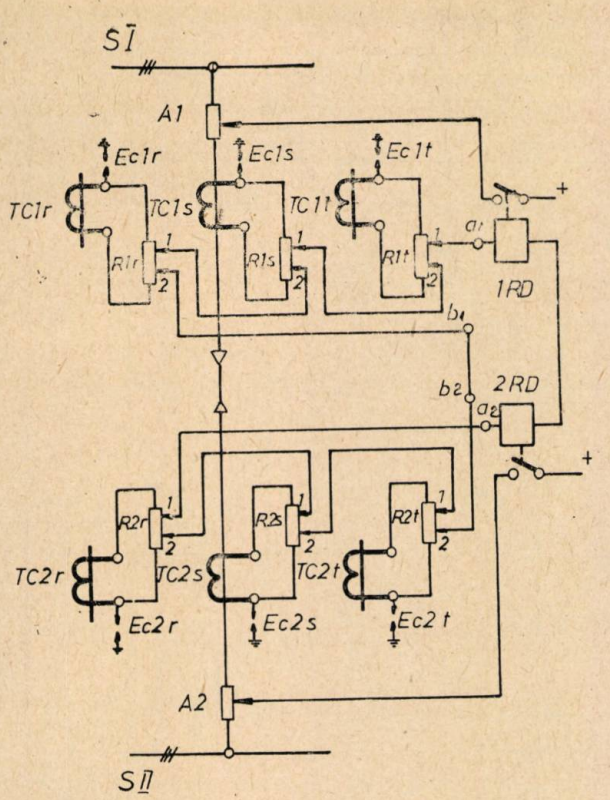


Fig. 4

Tensiunile $\underline{U}_{a1b1}$ și $\underline{U}_{a2\,b2}$ sînt date de relațiile :

$$\begin{cases} \underline{U}_{a1b1} = K_r\underline{I}_{1pr} + K_s\underline{I}_{1ps} + K_t\underline{I}_{1pt} \\ \underline{U}_{a2\,b2} = K_r\underline{I}_{2pr} + K_s\underline{I}_{2ps} + K_t\underline{I}_{2pt} \end{cases} \quad (12)$$

Bobinelor înseriate ale releelor $1RD$, $2RD$ li se aplică tensiunea $\underline{U}_{a1a2}$:

$$\underline{U}_{a1\,a2} = \underline{U}_{a1\,b1} - \underline{U}_{a2\,b2} = K_r\,(\underline{I}_{1pr} - \underline{I}_{2pr}) +$$

$$+ K_s(\underline{I}_{1ps} - \underline{I}_{2ps}) + K_t(\underline{I}_{1pt} - \underline{I}_{2pt}) \quad (13)$$

Circuitul diferențial, fiind un circuit de tensiune parcurs de un curent mic, poate fi realizat cu conductoare de lungime mare și de secțiune mică.

Exemplul 3

În figura 5 este prezentată varianta cu efect de frînare a schemei protecției diferențiale propuse, aplicată la un sistem simplu de bare SI, la care sînt racordate două linii $L1$, $L2$, prin două întreruptoare, $A1$, $A2$.

Protecția propusă cuprinde două rezistențe calibrate, ca în exemplul 1, R_{1l}, R_{1f}, legate în serie în secundarul unui transformator de curent $TC1$ montat pe linia $L1$; două rezistențe R_{2l}, R_{2f} legate în serie în secundarul unui transformator de curent $TC2$, montat pe linia $L2$; două eclatoare, $Ec1$ și $Ec2$ ca în exemplul 1, și un releu diferențial $3RD$. Acesta conține un

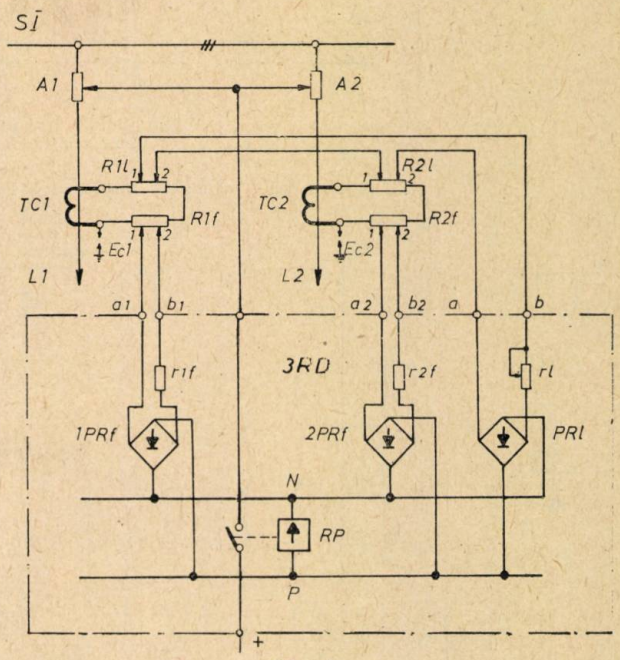


Fig. 5

releu polarizat RP, alimentat între două barete interioare, N și P, al cărui sens de lucru este indicat prin săgeată în simbolul său din figura 5 și care, printr-un contact al său, comandă declanșarea întreruptoarelor $A1$ și $A2$, punțile redresoare $1PR_f$, $2PR_f$, PR_l, rezistențele fixe r_{1f}, r_{2f}, o rezistență r_l reglabilă.

Cursoarele rezistențelor calibrate se reglează astfel ca tensiunile la bornele $a1$, $b1$, $a2$, $b2$, ab să aibă valorile :

$$\underline{U}_{a1b1} = K_f\underline{I}_{1p}\,;\ \underline{U}_{a2b2} = K_f\,\underline{I}_{2p} \quad (14)$$

$$\underline{U}_{ab} = K_l(\underline{I}_{1p} + \underline{I}_{2p})$$

în care K_f, K_l sînt factori de proporționalitate, iar sensul de referință al curenților este cel spre barele SI.

Curentul redresat total, de frînare, i_f, este dat de relația :

$$i_f = \frac{K_f(|\underline{I}_{1p}| + |\underline{I}_{2p}|)}{r_f} \cdot k_r, \quad (15)$$

în are k_r este un coeficient constant de redresare al punții de redresare, iar

$$r_{1f} = r_{2f} = r_f$$

Curentul $\underline{I}_L$ de lucru raportat la primar determină un curent redresat i_l de lucru :

$$i_l = \frac{K_l\,|\underline{I}_L|}{r_l} \cdot k_r \quad (16)$$

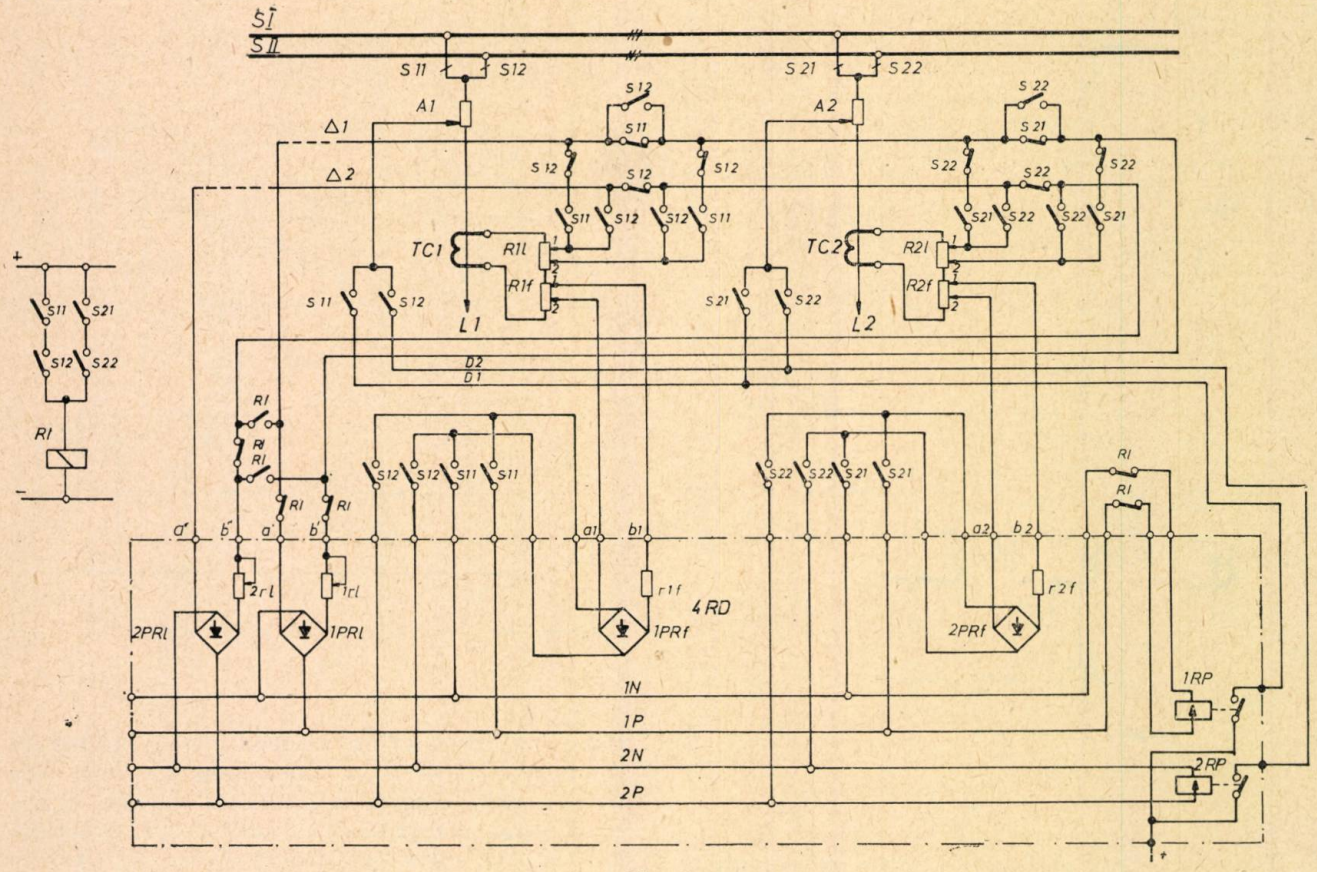


Fig. 6

Notînd cu I_{RP} curentul minim de acţionare a releului RP şi cu

$$I_F = |\underline{I}_{1p}| + |\underline{I}_{2p}|, \qquad (17)$$

caracteristica de lucru a releului diferenţial $3RD$ este dată de relaţia :

$$\frac{K_l |\underline{I}_L|}{r_l} \cdot k_r - \frac{K_f I_F}{r_f} \cdot k_r = I_{RP} \qquad (18)$$

sau

$$|\underline{I}_L| = \frac{K_f}{K_l} \cdot \frac{r_l}{r_f} \cdot I_F + \frac{r_l}{K_l k_r} \cdot I_{RP} \qquad (19)$$

Caracteristica de lucru a releului $3RD$ este reglabilă prin variaţia rezistenţei r_l şi prin alegerea coeficienţillor K_f, K_l.

Exemplul 4

În figura 6 este prezentată varianta cu efect de frînare a schemei protecţiei diferenţiale propuse aplicată unui sistem dublu de bare SI, SII, la care se racordează două linii $L1$, $L2$, prin două întreruptoare $A1$, $A2$ şi cîte două separatoare de bare $S11$, $S12$, respectiv S21, $S22$. Transformatoarele de curent $TC1$ şi $TC2$ alimentează rezistenţele R_{1l}, R_{1f}, R_{2l}, R_{2f}, ca în exemplul 3. Schema protecţiei diferenţiale propuse mai cuprinde un releu diferenţial, $4RD$, care conţine două relee polarizate $1RP$, $2RP$, legate la cîte două barete interioare ale releului $4RD$ — $1N$, $1P$ şi $2N$, $2P$, două punţi de redresare $1PR_l$, $2PR_l$ pentru curenţii de lucru, legate la baretele $1N$, $1P$, respectiv $2N$, $2P$, punţi de redresare pentru curenţii de frînare, $1PR_f$, $2PR_f$, rezistenţe fixe r_{1f}, r_{2f}, rezistenţe reglabile $1r_l$, $2r_l$. În schema protecţiei diferenţiale este utilizat şi un releu intermediar RI, care anclanşează dacă ambele separatoare de bare ale unei linii sînt simultan închise.

Pentru fiecare sistem de bare SI, respectiv SII, este prevăzut cîte un circuit diferenţial $\Delta 1$, respectiv $\Delta 2$, care alimentează releele polarizate $1RP$, $2RP$ prin punţile de redresare $1PR_l$ respectiv $2PR_l$. De asemenea sînt prevăzute două barete de declanşare $D1$, $D2$, prin care releele polarizate $1RP$, $2RP$ comandă declanşarea întreruptoarelor liniilor conectate la sistemele de bare SI, respectiv SII. Curenţii de frînare proveniţi de la rezistenţele R_{1f}, R_{2f} prin punţile de redresare $1PR_f$, $2PR_f$, sînt dirijaţi spre baretele $1N$, $1P$ sau $2N$, $2P$ prin contactele auxiliare al separatoarelor de bare. Tensiunile de la bornele rezistenţelor R_{1l}, R_{2l} sînt înseriate în circuitele diferenţiale $\Delta 1$ sau $\Delta 2$,

prin contactele auxiliare ale separatoarelor de bare.

Pe timpul în care ambele separatoare de bare ale unei linii sînt închise, rezistența de lucru corespunzătoare liniei respective este înseriată în circuitul diferențial $\Delta 2$, releul RI anclanșează, separă bobina releului $1RP$ de baretele $1N$, $1P$ și înseriază circuitele diferențiale $\Delta 1$, $\Delta 2$ la bornele a'', b''. Curenții de frînare sînt dirijați spre baretele $2N$, $2P$ prin contactele auxiliare ale separatoarelor de bare și prin intermediul baretelor $1N$,$1P$. În această situație, protecția diferențială lucrează ca pentru un singur sistem de bare, alimentînd cu curenți de lucru și de frînare releul $2RP$, ceea ce este corect deoarece sistemele de bare SI, SII sînt legate prin separatcarele de bare ale aceleiași linii.

Concluzii

Schema propusă pentru protecția diferențială împotriva scurtcircuitelor în sisteme electrice prezintă următoarele avantaje :

— este puțin influențată de neidentitatea transformatoarelor de curent dacă echilibrarea circuitului diferențial se face cu curenți mari (din domeniul curenților de scurtcircuit), injectați în primarele transformatoarelor de curent, cu ajutorul unor truse de curent adecvate ;

— corectează parțial erorile de raport ale transformatoarelor de curent ;

— circuitul diferențial fiind un circuit de tensiune parcurs de curenți mici, poate fi realizat cu conductoare de secțiuni mici și lungimi mari ;

— întreruperea accidentală a circuitului diferențial nu creează pericol de distrugere pentru transformatoarele de curent sau alte aparate ;

— toate componentele curentului din secundarul unui transformator de curent au asigurată calea de închidere a circuitului prin rezistență reglabilă, în timp ce unele din aceste componente pot fi cu ușurință oprite să parcurgă releul diferențial :

Bibliografie

[1] Călin, S. și Marcu, S. *Protecția prin relee a sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1969.

[2] Badea, I. ș.a. *Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1973.

[3] Penescu, C. și Călin, S. *Protecția prin relee electronice a sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1969.

(Articol intrat în redacție la 16 februarie 1979)

Determinarea locului de defect pe liniile lungi cu derivații

Ing. Veo C. Raicu*)

1. În ultima perioadă, apariția de noi consumatori în sistem, la care se adaugă considerente legate de protecția mediului înconjurător, a făcut ca, pe o serie de linii electrice de înaltă tensiune de lungimi relativ mari, să se racordeze consumatori în derivație. Soluția se dovedește acceptabilă mai ales la consumatori de aceeași natură, și pentru aceștia citățm calea ferată electrificată, condițiile solicitate furnizorului pentru alimentarea cu energie electrică fiind aceleași pentru oricare nod consumator [3], [4], [5].

Există de multe ori situația în care o linie de transport trece în relativ imediată apropiere de calea ferată ; situația generează dezavantaje, fiind necesare investiții apreciabile în vederea adoptării măsurilor necesare pentru protecția LTcF, dar și avantaje incontestabile, substațiile de tracțiune putînd fi racordate în derivație pe linia electrică aeriană.

Varietatea defectelor care apar în rețelele electrice, numărul relativ mare al acestora, ca și particularitățile rețelelor în raport cu alte categorii de instalații fac ca protecția rețelelor să fie concepută astfel încît să răspundă condițiilor specifice de funcționare a lor. Din aceste motive, „agățarea" în derivație a unor stații de transformare — îndeosebi fără a avea montate întreruptoare pe partea de înaltă tensiune — este privită cu rezerve de către furnizor. Ceea ce este important la aceste scheme de funcționare este determinarea corectă a punctului de defect, astfel încît protecția cu care este prevăzută linia să lucreze selectiv și să nu se producă declanșări intempestive sau chiar avarii în sistem.

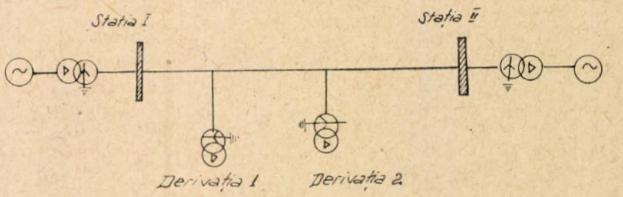


Fig. 1. Schema unei linii electrice care alimentează în derivație mai mulți consumatori.

Problema a suscitat interes, literatura de specialitate din străinătate [6], [7], [9], [10], [12] sau din țară [2] punînd-o în discuție sub diferite aspecte.

În cele ce urmează vom privi problema dintr-un dublu aspect : al consumatorului (în parti-

*) Veo C. Raicu este inginer la DAAV Pitești.

cular calea ferată electrificată), care dorește efecte economice importante cu investiții mai reduse, și al furnizorului, concomitent cu consumatorul, care doresc furnizarea energiei electrice în condiții de fiabilitate ridicată [4], [5].

2. Determinarea locului de defect pe o linie lungă cu mai mulți consumatori în derivație constituie o problemă dificilă, mai ales dacă se ține seamă de regimul de funcționare a rețelei; erorile de măsură a distanței la locul de defect sînt considerabile în situația în care transformatorul din stația de derivație lucrează cu neutrul pus la pămînt [2], [6], [10]. În cazul neutrului izolat, pentru oricare număr de derivații cu transformatoare, pentru lungimi uzuale ale liniilor în derivație, metoda determinării locului de defect (DLD) rămîne aceeași ca și pentru linii fără derivații. Dacă neutrul este pus la pămînt, metoda aflării distanței pînă la locul de defect se complică, deoarece trebuie să se țină seama de curentul care străbate derivația. Apare astfel necesitatea aprecierii curentului din derivație asupra rezultatului DLD.

În lucrare se propune metoda și se prezintă relațiile necesare DLD la liniile lungi cu derivații, unde, pe baza măsurării componentelor simetrice ale curenților și tensiunilor în regim de avarie, se poate determina distanța pînă la locul de scurtcircuit. Problema prezintă deosebită importanță practică pentru că, pe baza rezultatelor obținute, se pot adopta corecțiile necesare la protecția de distanță a unei astfel de linii, încît declanșarea acesteia să se realizeze în cazurile necesare, evitîndu-se astfel funcționarea neselectivă a protecției.

3. Vom avea în vedere linia lungă respectivă avînd un număr de q tronsoane; vom construi schema de secvență omopolară prin legarea în cascadă a unor cuadripoli.

Notăm cu Λ_i matricea [1], [8]:

$$\Lambda_i = \begin{pmatrix} A_{11}^i & A_{12}^i \\ A_{21}^i & A_{22}^i \end{pmatrix}, \tag{1}$$

unde

$$\begin{cases} A_{11}^i = \operatorname{ch}\underline{\gamma} l_i = A_{22}^i \\ A_{12}^i = Z_c \operatorname{sh}\underline{\gamma} l_i \\ A_{21}^i = \dfrac{1}{\underline{Z}_c} \operatorname{sh}\gamma l_i \end{cases} \tag{2}$$

$\underline{Z}_c$ fiind impedanța caracteristică a liniei;
$\underline{\gamma}$ — constanta complexă de propagare:

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(r_0 + j\,x_0)(g_0 + jb_0)} \tag{3}$$

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{r_0 + jx_0}{g_0 + jh_0}} \tag{4}$$

Vom nota cu Δ_j matricea:

$$\Delta_j = \begin{pmatrix} \Delta_{11}^j & \Delta_{12}^j \\ \Delta_{21}^j & \Delta_{22}^j \end{pmatrix} \tag{5}$$

unde

$$\begin{cases} \Delta_{11}^j = 1 = \Delta_{22}^j \\ \Delta_{12}^j = 0 \\ \Delta_{21}^j = \dfrac{1}{\underline{Z}_0^j} \end{cases} \tag{6}$$

Z_0^j fiind impedanța prizei racordată la sectorul de linie j. În aceste condiții cascada de cuadripoli se prezintă ca în figura 2.

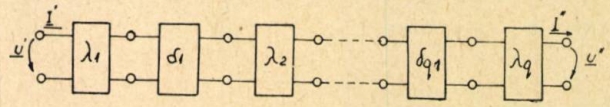


Fig. 2. Schema lanț de cuadripoli a liniei lungi cu derivații.

Considerăm că pe sectorul x_i al liniei se produce un scurtcircuit; pentru analiza situației, vom separa două grupe de cuadripoli de o parte și de alta a punctului de defect, prin echivalarea cascadelor respective de cuadripoli cu doi cuadripoli echivalenți, π', respectiv π''.

Cuadripolul λ_i, corespunzător sectorului de linie de lungime l_i, este divizat la rîndul său în doi cuadripoli corespunzători celor două tronsoane în care a fost separat sectorul l_i de punctul de scurtcircuit. Avînd în vedere sensurile asociate curenților și tensiunilor în figura 3, sînt valabile relațiile:

$$\begin{aligned} \underline{U}_k &= \underline{U}^{III} \operatorname{ch}\underline{\gamma} x_i + \underline{Z}_c \underline{I}^{III} \operatorname{sh}\underline{\gamma} x_i \\ \underline{U}_k &= \underline{U}^{IV} \operatorname{ch}\underline{\gamma}(l_i - x_i) + \underline{Z}_c \underline{I}^{IV} \operatorname{sh}\underline{\gamma}(l_i - x_i) \end{aligned} \tag{7}$$

Rezultă, din relațiile (7), prin transformări elementare:

$$x_i = \frac{1}{\underline{\gamma}} \operatorname{Arg\,th} \frac{\underline{U}^{IV} \operatorname{ch}\underline{\gamma} l_i - \underline{U}^{III} + \underline{Z}_c \underline{I}^{IV} \operatorname{sh}\underline{\gamma} l_i}{\underline{Z}_c \underline{I}^{III} + \underline{U}^{IV} \operatorname{sh}\underline{\gamma} l_i + \underline{Z}_c \underline{I}^{IV} \operatorname{ch}\underline{\gamma} l_i} \tag{8}$$

Dacă ținem seama că:

$$\begin{aligned} \underline{U}^{I} &= \underline{A}_{11}^{I} \underline{U}^{III} + \underline{A}_{12}^{I} \underline{I}^{III} \\ \underline{I}^{I} &= \underline{A}'_{21} \underline{U}^{III} + \underline{A}'_{22} \underline{I}^{III} \end{aligned} \tag{9}$$

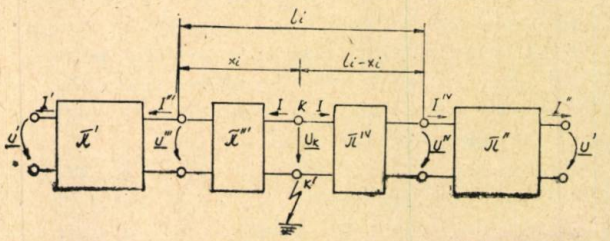


Fig. 3. Schema echivalentă a liniei cu derivații în cazul unui scurtcircuit pe tronsonul i.

respectiv :

$$\underline{U}^{II} = A_{11}^{II}\,\underline{U}^{IV} + A_{12}^{II} + \underline{I}^{IV}$$

$$\underline{I}^{II} = A_{21}'\,\underline{U}^{IV} + A_{22}'\,\underline{I}^{IV} \qquad (10)$$

deducem valorile lui U''', I''', U^{IV}, I^{IV}

$$\underline{U}^{III} = A_{11}'\,\underline{U}' - A_{12}'\,\underline{I}^{I}$$

$$\underline{I}^{III} = A_{21}'\,\underline{U}' + A_{22}'\,\underline{I}^{I} \qquad (11)$$

$$\underline{U}^{IV} = A_{11}^{II}\,\underline{U}^{II} - A_{12}^{II}\,\underline{I}^{II}$$

$$\underline{I}^{IV} = -A_{21}^{II}\,\underline{U}^{II} + A_{22}^{II}\,\underline{I}^{II}$$

pe care, introducîndu-le în (8), vom obține :

$$x_i = \frac{1}{\underline{\gamma}}\,\mathrm{Argth}\,\frac{(A_{11}''\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i + A_{21}''\,\underline{Z}_c\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i)\underline{U}'' + \rightarrow}{(A_{11}''\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i + A_{21}''\,\underline{Z}_c\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i)\underline{U}'' +}$$

$$\rightarrow \frac{+(A_{12}''\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i + A_{22}''\,\underline{Z}_c\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i)\underline{I}'' - A_{11}'\underline{U}' - A_{12}'\underline{Z}_c\underline{I}'}{+(A_{12}''\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i + A_{22}''\,\underline{Z}_c\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i)\underline{I}'' + A_{21}'\underline{U}' + A_{22}'\underline{Z}_c\underline{I}'} \qquad (12)$$

unde A_{ij}', A_{ij}'', $i, j = 1,2$ sînt parametrii pasivi ai cuadripolilor π' și π''.

4. Pentru luarea în considerare a derivațiilor, există mai multe metodologii de analiză.

În [2] se propune introducerea unui factor de corecție în funcție de impedanțele omopolară și directă ale rețelei protejate. În [6], analiza influenței derivației asupra protecției se face prin aprecierea erorii produse în calcule de neglijare a derivației. În [10] autorii prezintă metodologia determinării locului de defect cu ajutorul unor diagrame precalculate și măsurînd valorile tensiunilor și curenților la capetele liniei ; metoda a fost propusă la Gruzniiegs și realizată la Gruzglavenergo. Metodei i se poate aduce ca principală obiecțiune imposibilitatea considerării ei sau în timp real sau pentru corecțiile necesare protecției prin relee în vederea adoptării reglajelor corespunzătoare.

Avantajul tuturor acestor metode constă în simplificările introduse în calcule și obținerea unor informații utile de ordin calitativ.

Utilizînd un sistem automat de calcul, munca se simplifică și rezultatele au un grad de precizie ridicat. Din această cauză, metodologia propusă în articolul de față are în vedere organizarea calculelor pentru un sistem de prelucrare automată a datelor.

Întrucît nu putem reduce numărul parametrilor analizați la mai puțin de patru — lungimea liniei, număr de derivații, sarcina racordată în derivație (prin mărimea Z_0'), punctul de scurtcircuit pe linie—sînt greu de construit diagrame eficiente pentru toate cazurile. Din acest motiv, fiecare linie cu derivație va trebui analizată separat, pe baza programului de calcul prezentat mai jos.

Ținînd seama de relațiile (7), avem situațiile :

$$\begin{cases} x_i = 0 \\ \underline{U}_{kai}' = A_{11}'\,\underline{U}' - A_{12}'\,\underline{I}' \\ \underline{U}_{kai}'' = (A_{11}''\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i - \underline{Z}_c A_{21}''\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i)\underline{U}'' - \\ \quad - (A_{12}''\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i - \underline{Z}_c A_{22}''\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i)\underline{I}'' \end{cases} \qquad (13)$$

$$\begin{cases} x_i = l_i \\ \underline{U}_{kbi}' = (A_{11}'\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i - \underline{Z}_c A_{21}'\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i)\underline{U}' - \\ \quad - (A_{12}'\,\mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i - \underline{Z}_c A_{22}'\,\mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i)\underline{I}' \\ \underline{U}_{kbi}'' = A_{11}''\,\underline{U}'' - A_{12}''\,\underline{I}'' \end{cases} \qquad (14)$$

Locul de defect se află în acel sector i în care [6], [9] :

$$U_{kai}' < U_{kai}''$$

$$U_{kbi}' > U_{kbi}'' \qquad (15)$$

Vom putea defini acum drept coeficient de eroare raportul între lungimea calculată cu ajutorul relației (12) și distanța pînă la punctul de defect, calculată în lipsa considerării derivațiilor

$$f_E^i = \frac{\sum_{k=1}^{i} l_k + x_i}{L_i}, \qquad (16)$$

unde tronsonul i este determinat de relațiile (15), iar L_i este lungimea liniei pînă la punctul de defect, calculat în lipsa derivațiilor.

5. În lipsa unor mijloace automate de calcul adecvate, în literatura de specialitate se recomandă adoptarea unor simplificări. Le enumerăm aici, făcînd totodată mențiunea că în programele de calcul elaborate nu au fost utilizate.

O simplificare constă în neglijarea pierderilor active pe linii, deoarece la liniile de înaltă tensiune, de 220—400 kV, conductoarele au secțiuni mari. Pentru liniile fără pierderi avem deci :

$$\begin{cases} \mathrm{sh}\underline{\gamma}l_i = j\sin\underline{\gamma}l_i \\ \mathrm{ch}\underline{\gamma}l_i = \cos\underline{\gamma}l_i \\ \mathrm{th}\underline{\gamma}l_i = j\,\mathrm{tg}\underline{\gamma}l_i \end{cases} \qquad (17)$$

fiindcă

$$\underline{\gamma} = j\gamma, \qquad (18)$$

și obținem pentru l_i o expresie analoagă cu (12), în care însă nu mai apar funcții hiperbolice, ci numai funcții trigonometrice de argument real.

De asemenea, se obțin expresii corespunzătoare relațiilor (13) și (14), locul de defect situîndu-se în tronsonul pentru care avem satisfăcute simultan relațiile (15).

Locul de scurtcircuit pe un tronson al liniei se poate determina considerînd cuadripolul activ echivalent (fig. 4). În acest mod, parametrii pasivi ai cuadripolului se obţin prin legarea în cascadă a cuadripolilor pasivi corespunzători tronsoanelor liniei conform figurii 2.

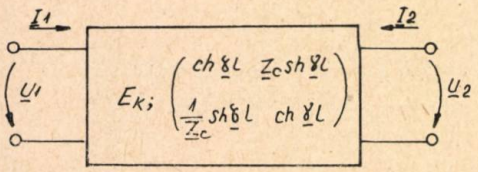


Fig. 4. Schema echivalentă a liniei lungi cu derivaţii sub forma unui cuadripol activ.
E_k — tensiunea electromotoare la locul scurtcircuitului

Substituind valorile parametrilor pasivi în ecuaţiile cunoscute pentru liniile scurte — o altă simplificare —, obţinem expresiile respective pentru determinarea distanţei pînă la locul de defect.

O tratare pe larg a acestor cazuri se găseşte în [6] şi [9].

6. Este interesant de văzut care sînt consecinţele practice ale influenţei erorii care se face la determinarea locului de defect pe liniile cu ramificaţii asupra protecţiei prin relee şi măsurile care se impun a se adopta în vederea compensării acestor erori. În mod deosebit interesează modul cum este influenţată funcţionarea treptei I a protecţiei de distanţă a liniei lungi cu derivaţii.

Dacă l_r este distanţa reală pînă la locul de defect, iar l_n este distanţa determinată de organele de măsură ale protecţiei de distanţă, o relaţie analoagă lui (16) ne conduce la :

$$f_E = \frac{l_m}{l_r} \cdot \qquad (19)$$

Variaţia erorii de determinare a punctului de scurtcircuit cu locul scurtcircuitului este prezentată în figura 5.

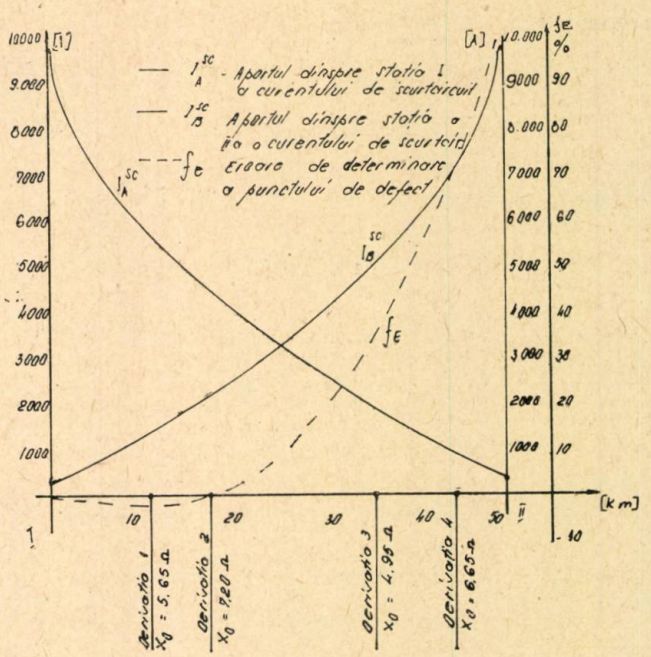


Fig. 5. Variaţia erorii de determinare a punctului de scurtcircuit cu locul scurtcircuitului.

Se observă aici că, pentru distanţe scurte faţă de staţia de capăt I, la organul de măsură al protecţiei de distanţă, se aduc tensiuni şi curenţi care „traduc" o distanţă pînă la locul de defect relativ puţin afectată de eroarea f_E. Pe măsură însă ce distanţa creşte, eroarea se măreşte foarte repede, astfel încît la un defect pe ultimul tronson al liniei eroarea depăşeşte 100 %.

Aşadar, pentru scurtcircuite apropiate de bară, măsurarea distanţei se face prin lipsă, pe cînd la scurtcircuite îndepărtate măsurarea se face prin exces. Există astfel posibilitatea ca un scurtcircuit produs dincolo de bara II, adică aflat în treapta I a protecţiei din staţia II, să fie declanşat neselectiv din staţia I.

Tabelul 1

Punctul de defect	Aportul curent de scurtcircuit I_A^{sc} [A] dinspre st. A	Aportul curent de scurtcircuit I_B^{sc} [A] dinspre st. B	Eroarea de determinare a punctului de defect	Caracteristici luate în calcul
Tronsonul 1	9700	300	−1,13 %	$U_1 = U_2 = 120$ kV lungimea tronsoanelor 10,5 ; 6,50 ; 18,50 ; 9,50 ; 5,50 km $R_0 = 0{,}122\Omega$; $x_0 = 0{,}41\ \Omega$ $G_0 = 42 \cdot 10^{-6}\ \Omega$ $B_0 = 16{,}6 \cdot 10^{-6}\Omega$ Reactanţe omopolare ale derivaţiilor, în Ω : 5,65 ; 7,20 ; 4,95 ; 6,65
Tronsonul 2	9000	1000	−1,12 %	
	6000	4000	+0,17 %	
Tronsonul 3	2000	8000	+5,21 %	
	1000	9000	+20,78 %	
Tronsonul 4	300	9700	+104,34 %	

Se observă din figura 5 că variația lui f_E poate fi aproximată printr-o expresie polinomială de un anumit grad

$$f_E = a_0 d^n + a_1 d^{n-1} + \ldots + a_n, \qquad (20)$$

unde d este distanța, iar $a_0, a_1, \ldots, a_n$ se determină printr-o metodă de interpolare. Cea mai comodă în aplicația de față este interpolarea Lagrange pe 5 noduri, obținînd expresia :

$$f_E = 0{,}96 \cdot 10^{-5} d^4 + 0{,}42 \cdot 10^{-4} d^3 - 0{,}11 \cdot 10^{-3} d^2 - \\ - 0{,}13 \cdot 10^{-2} d - 0{,}14 \qquad (21)$$

Este evident că pentru ca organele de măsură să măsoare distanța maximă de 0,85 L, lungimea efectiv protejată în treapta I este dată de relația :

$$l_r = \frac{0{,}85 L}{(f_E(l_r) + 100)} \cdot 100 \qquad (22)$$

și deci lungimea reală se determină din ecuația :

$$100 l_r + l_r \cdot f_E(l_r) - 85 L = 0, \qquad (23)$$

care este o ecuație de grad mai mare cu o unitate decît gradul funcției interpolatoare (20).

Întrucît funcția

$$F_E = l_r (f_E(l_r) + 100) \qquad (24)$$

este strict crescătoare pentru $l_r > d_{cr}$, ecuația (23) va avea în mod cert o rădăcină reală și numai una în intervalul (d_{cr}, L), în care L este lungimea totală a liniei cu derivații, iar d_{cr} distanța la care eroarea de determinare este 0.

În cazul concret al aplicației noastre

$$l_r = 21{,}044 \text{ [km]}, \qquad (25)$$

aceasta fiind distanța de reglaj a treptei I a protecției de distanță, astfel încît lungimea reală a liniei protejate să fie 0,85 L.

De fapt, problema se poate pune și sub altă formă : care este lungimea protejată în treapta I a protecției de distanță dacă aceasta se reglează la 85 % din lungimea liniei lungi cu derivații.

Considerente analoage ne conduc la determinarea lui l_m din identitatea :

$$l_m = 1 + 0{,}01 f_E(0{,}85L) \cdot 0{,}85 L, \qquad (26)$$

care în cazul aplicației concrete din articolul de față este :

$$l_m = 68{,}295 \text{ [km]} \qquad (27)$$

Concluzii

Considerente economice practice conduc la adoptarea unor soluții de alimentare a unor consumatori prin racordarea în derivația acestora la o linie de înaltă tensiune, un consumator care se pretează foarte bine la acest tip de soluție fiind substațiile de tracțiune ale căii ferate. Dar, la defecte cu aport de curent omopolar pe liniile electrice lungi, apar erori de măsură, care, la o anumită distanță pot avea valori de peste 100 %.

În articol se face o analiză amănunțită a funcționării protecției de distanță în cazul defectelor pe liniile lungi cu derivații, stabilindu-se modelul matematic și întocmindu-se programele necesare calculului automat.

ANEXĂ

Considerăm utilă o prezentare succintă a programului de calcul*) folosit în lucrare. Programele folosesc conceptul de programare structurată — metoda Warnier — performante și ușor de utilizat.

Un modul monitor MONDIS gestionează trei tipuri de module de calcul :

— *Modulul DISTA* — calculează eroarea de determinare a punctului de scurtcircuit pentru un set de parametri de intrare :

— tensiunile la capetele liniei (în modul și fază) ;

— curenții de scurtcircuit măsurați la capetele liniei ;

— caracteristicile de material ale liniei electrice (rezistență, conductanță, inductanță, susceptanță).

Sînt afișate apoi rezultatele calculului, precum și valorile unor parametri ca : lungimea tronsoanelor, caracteristicile liniei, reactanța omopolară a derivațiilor etc.

În acest modul se creează un fișier pe disc în care se înscriu valorile corespondenței : distanța de la locul de defect — eroarea procentuală de determinare.

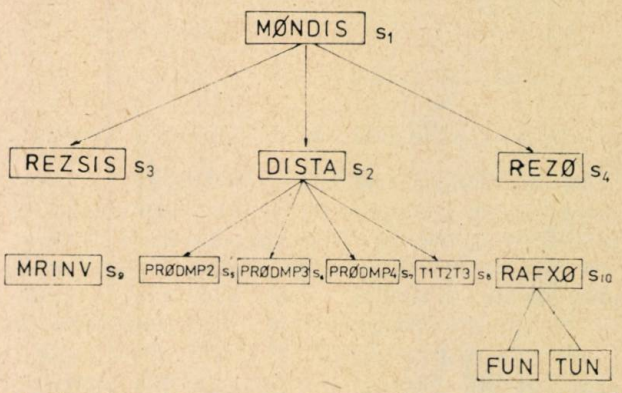


Fig. 6. Schema de agregare a segmentelor care alcătuiesc programul.
Lungimea celei mai lungi ramuri a programului este de 40K.

— *Modulul REZSIS* — care este apelat de MONDIS la cererea utilizatorului ce realizează calculele necesare determinării funcției de interpolare, care aproximează pe f_E.

— *Modulul REZO* — cu ajutorul căruia se determină :

— valoarea de reglaj a protecției de distanță, astfel încît să fie acoperită 85 % din lungimea liniei ;

— lungimea protejată în treapta I, dacă protecția ar fi reglată la 85 % din lungimea liniei, fără a considera aportul derivațiilor.

Programul astfel segmentat, întocmit pentru un număr maxim de patru derivații pe o linie, ocupă circa 50 K și, apelat dintr-o bibliotecă IMT, durează în totalitate 1—2 minute.

*) Autorul mulțumește pentru ajutorul acordat în rularea programelor colegilor de la Secția exploatare a C.T.C.E. Pitești.

Bibliografie

[1] Bercovici, M., Arie, A. și Poeată, Al. *Rețele electrice. Calculul electric.* Editura tehnică, București, 1974.

[2] Sîrbu, T. *Funcționarea protecțiilor de distanță pe liniile electrice avînd stații în derivație.* În : Producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice, 1971, p. 200—207.

[3] Boissonade, P. și Dupont, R. *Les installations fixes de traction électrique et le captage en courant.* În : Rev. Gén. des Chemins de Fer, nr. 11, 1976.

[4] Niekamp, Kl. *Die Energieversorgung der französischen Wechselstrombahnen.* În : Elektrische Bahnen, 47, nr. 11, p. 255—261.

[5] Chambadal, M. *Report on the french railway industries.* Part I — *Electric traction.* În : French railway techniques, 19, nr. 2, 1976, p. 47—68.

[6] Aizenfel'd, A.I. și Șalît, G.M. *Vlianie parametrov linii s otvetvleniiami na uproșcenie opredeleniia mesta povrejdeniia.* În : Elektriceskie stanții, nr. 2, 1972, p. 38—41.

[7] Kleiner, V. M. *Metod otveskaniia zamikaniia na zemliu na liniah s otvetvleniami.* În : Elektricestvo nr. 11, 1966.

[8] Ulianov, S. A. *Regimuri tranzitorii ale sistemelor electrice.* Editura tehnică, București, 1967.

[9] Aizenfel'd, A.I. și Șalît, G.M. *Opredeleniia mest povrejdeniia dlinnîh linii s otvetvleniami.* În : Elektricestvo, nr. 4, 1977, p. 70—72.

[10] Kostanian, G.G. și Ghiorgobiani, V.F. *Opredeleniia mesta povrejdeniia na vozdușnîh liniiah 110—220 kV s otvetvleniiami.* În : Elektriceskie stanții, nr. 2, 1972, p. 84—85.

[11] Sora, C. *Cuadripolul electric.* Editura tehnică, București, 1964.

[12] Pokrovski, *Instalație de determinare a locului de defect pe liniile aeriene.* În : Elektriceskie stanții, nr. 10, 1971.

(Articol intrat în redacție la 15 aprilie 1980)

Cercetări privind efectele și cauzele unor întreruperi cu caracter intempestiv în circuitul înfășurărilor transformatoarelor electrice de forță

Ing. **D. Cernomazu***)

Studierea avariilor unor transformatoare cu puteri peste 10 MVA, sosite pentru reparație în cadrul Uzinei de reparații transformatoare și aparataj electric Roman, a scos în evidență faptul că tipul de transformator cu caracteristicile :

— putere	25/16/25 MVA
— tensiune	110/22(16,5)/6,3 kV
— curent	131/420/2300 A
— tensiune de scurtcircuit	16,66/9,76/5,76 %
— conexiuni Y	—12—11

prezintă cazurile cele mai frecvente de avariere.

În perioada 01.01.1977—31.12.1978 au fost înregistrate șapte cazuri de avariere a acestor transformatoare, iar defectul, constînd în ruperea unor șuruburi pentru fixarea conexiunilor prizelor înfășurării de medie tensiune, la comutator, capătă caracter tipic, fiind constatat la toate cele șapte cazuri studiate. Defecțiunea, deși aparent banală, a cauzat avarii care au necesitat rebobinarea integrală a înfășurării de medie tensiune și în unele cazuri și a celei de joasă tensiune.

Deși reparațiile transformatoarelor, în urma avariilor descrise, au fost foarte costisitoare, pagubele cele mai importante pot apărea prin întreruperea intempestivă a unor mari consumatori industriali, avînd în vedere că defecțiunea nu poate fi depistată în faza incipientă, cu metodele clasice de investigație. Pornind de la cele arătate, s-a considerat oportun să se analizeze cauzele, efectele și mijloacele de prevenire a defectului amintit.

*) URTAE Roman.

Descrierea defectului

Tipul de transformator analizat prezintă particularitatea că înfășurarea de medie tensiune este executată pentru două tensiuni — 22 kV și 16,5 kV — , trecerea de la o priză la alta realizîndu-se în absența tensiunii, printr-un comutator rotativ cu două poziții. Schema electrică a transformatorului este prezentată în figura 1, iar schema electrică a înfășurării de medie tensiune, aferentă unei singure faze, în figura 2. Comutatorul de ploturi, prezentat în figura 3, este format din trei bare izolante, de care sînt fixate, una sub alta, cele trei casete ale comutatorului, cîte una pentru fiecare fază. Cele trei bare izolante ale comutatorului sînt fixate la capete de niște suporturi metalice, montate pe grinzile de presare ale transformatorului. Particularitatea acestui tip de comutator constă în aceea că șurubul hexagonal *5a* realizează atît fixarea conexiunii la contactul fix *4*, cît și imobilizarea contactului fix *4* de placa electroizolantă *7*.

La analiza primelor avarii (fig. 4 și 5) s-a constatat topirea totală sau parțială a papucului conexiunii (fixat, anterior producerii defectului, la borna comutatorului), topirea parțială a contactului fix, carbonizarea superficială a plăcii electroizolante *7* și a barelor izolante *2*, aflate în imediata apropiere a defectului.

S-a emis ipoteza că defecțiunea este cauzată de apariția unei supraîncălziri în zona „conexiune — contact fix comutator", ca urmare a unui contact electric defectuos, urmată de topirea papucului conexiunii șurubului, șaibelor și parțial a contactului fix, pentru ca apoi să aibă loc separarea conexiunii de contact, fapt însoțit de apariția unui arc electric, cu efectele secundare cunoscute.

Analiza cazului prezentat în figurile 6 și 7 completează ipoteza inițială. Se observă că papucul este aproape intact, gaura papucului fiind practic neefectuată, în zonă descoperindu-

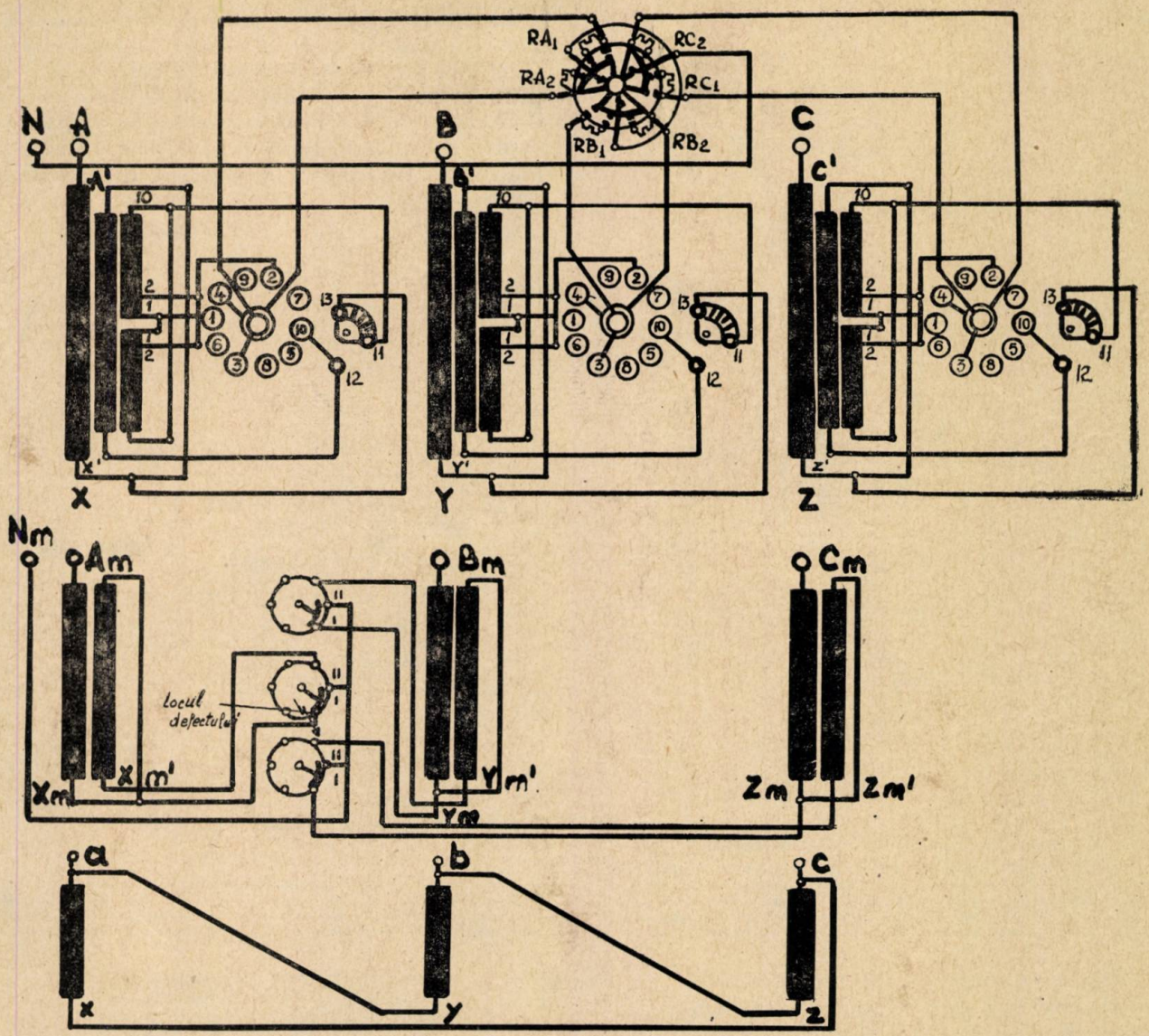


Fig. 1. Schema electrică generală a transformatorului.

Înaltă tensiune				Medie tensiune	
Tr.	Volţi	Tr.	Volţi	Tr.	Volţi
1	127622	11	108042	I	20 000
2	125664	12	106084		
3	123706	13	104126	II	(16 500)
4	121746	14	102168		
5	119790	15	100210		
6	117832	16	98252		
7	115874	17	96294	Joasă tensiune	
8	113916	18	94336		
9	111958	19	92378	6300 V	
10	110000				

se intactă şaiba Grower, fapt ce dovedeşte că în acest caz nu topirea îmbinării a dus la separarea conexiunii de contact, ci ruperea şurubului de fixare a conexiunii. În urma ruperii şurubului, conexiunea a ocupat poziţia indicată

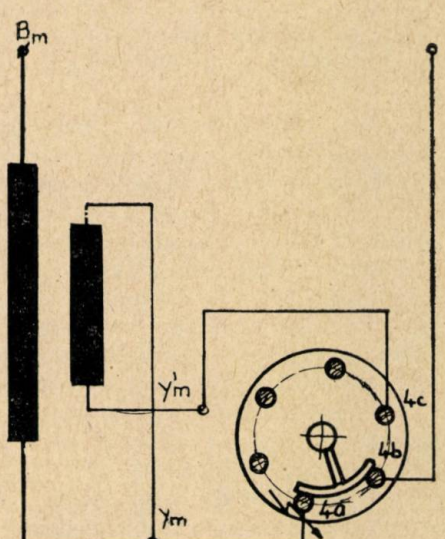


Fig. 2. Schema electrică aferentă fazei *Bm* (medie tensiune).
Săgeata indică locul întreruperii circuitului.

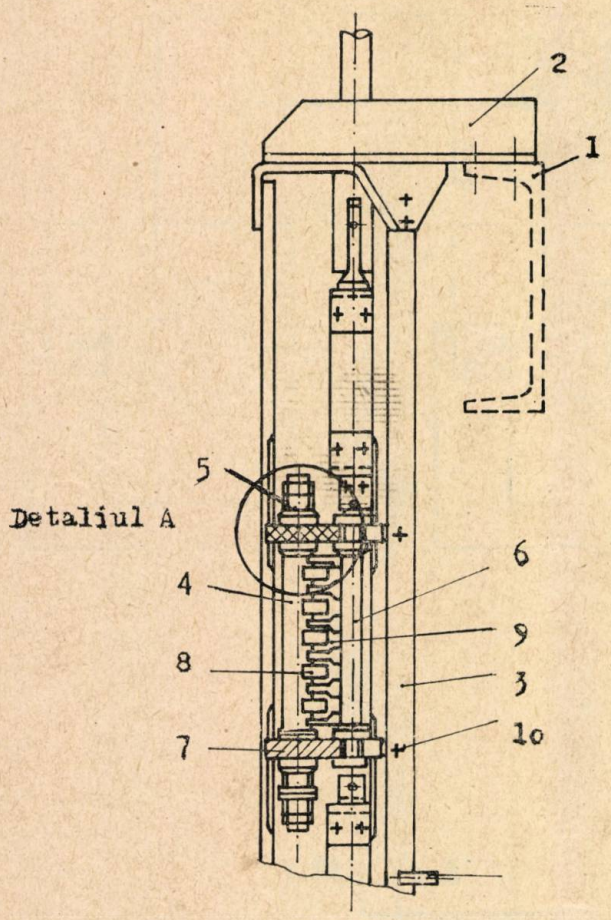


Fig. 3. *a*. Comutator rotativ de reglaj.

1 — grinda sistemului de strîngere a miezului transformatorului; *2*—piesă metalică suport; *3* — bară electroizolantă de fixare; *4* — contact fix; *5* — sistem de fixare a conexiunii la transformator; *6* — axul de acționare a contactelor mobile; *7* — placă electroizolantă pentru fixarea contactelor fixe; *8* — contactul mobil; *9* — resort contact mobil; *10* — șurub de fixare.

în figura 8, fapt urmat de amorsarea unor arcuri electrice între papucul conexiunii, pe de o parte, și contactul fix *4 a*, contactul fix *4 b* și axul metalic de acționare, pe de altă parte. Zona haşurată din figura *8* reprezintă porțiunea din papuc afectată de arcul electric amorsat între conexiune și contactul fix *4a* (vezi și fig. 7).

Întreruperea intempestivă a înfășurării de medie tensiune în zona comutatorului a dus, în mod cert, la trecerea bruscă a transformatorului, din regim de funcționare simetric, în regim asimetric, fapt urmat de apariția unor șocuri electrodinamice, care au condus la deformarea înfășurării de medie tensiune și, în unele cazuri, și a celei de joasă tensiune (fig. 9 și 10). Acest ultim aspect este condiționat de durata scursă din momentul apariției defectului pînă la scoaterea transformatorului de sub tensiune. S-a constatat că, în situația în care această durată de menținere a defectului (apreciată după efectele produse de arcul electric apărut în urma separării conexiunii de la bornă) a fost mare, efectul distructiv s-a extins și la înfășurarea de joasă tensiune.

La aproximativ 50 % din cazurile studiate au fost constatate și scurtcircuite între spire și galeți, la partea superioară a bobinei, în zona primilor zece galeți, acestea fiind efecte secundare ale șocurilor electrodinamice la care a fost supusă înfășurarea de medie tensiune a transformatorului ca urmare a apariției defectului în discuție.

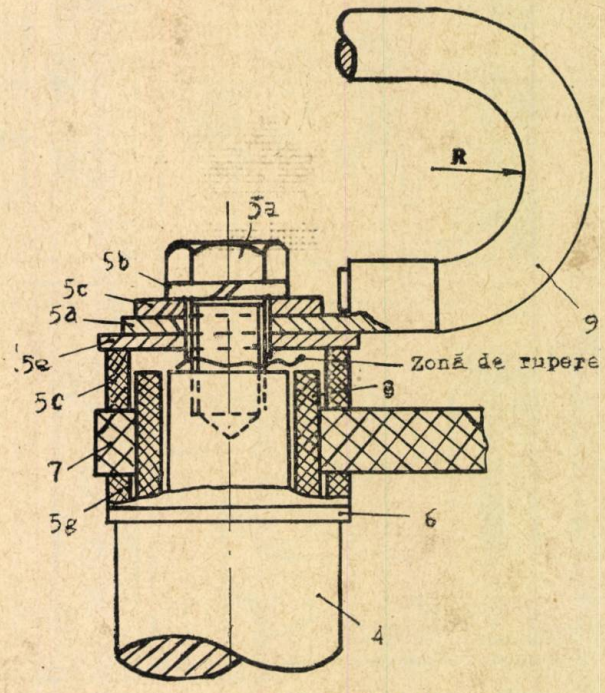


Fig. 3 *b*. Detaliul *A*.

4 — contact fix; *5 a*— șurub din alamă sau oțel; *5b* — șaibă Grower; *5c* — șaibă plată de alamă; *5d* — papucul conexiunii; *5e* — șaibă plată de sprijin; *5f* — inel distanțor superior (din pertinax); *5g* — inel distanțor inferior; *6* — șaibă plată de sprijin; *7* — placă textolit; *8* — bucșă distanțoare interioară; *9* — conexiune.

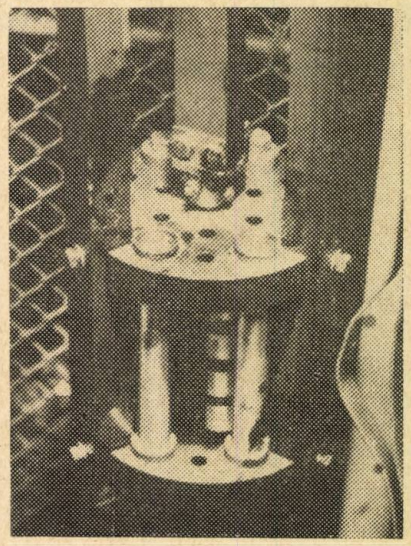


Fig. 4. Comutator avariat (Exemplul I).

A fost observată, de asemenea, tendința ca în urma șocurilor electrodinamice o porțiune din circumferința înfășurării de medie tensiune să fie proiectată în sus (fig. 12). Aceeași ten-

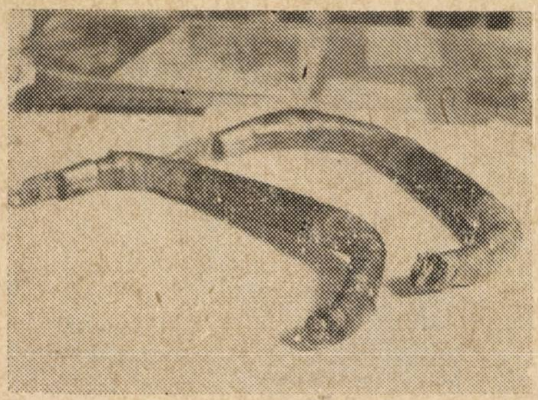


Fig. 5. Conexiuni avariate.

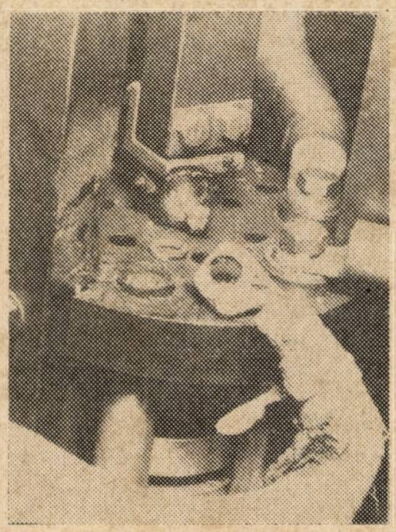


Fig. 6*a*. Comutator avariat (Exemplul II).

Fig. 6 *b*. Detaliu.

dință a fost depistată, în unele cazuri, și la înfășurarea de joasă tensiune, dar într-o zonă diametral opusă față de zona similară de la înfășurarea de medie tensiune.

Fig. 7. Papuc de conexiune avariat.

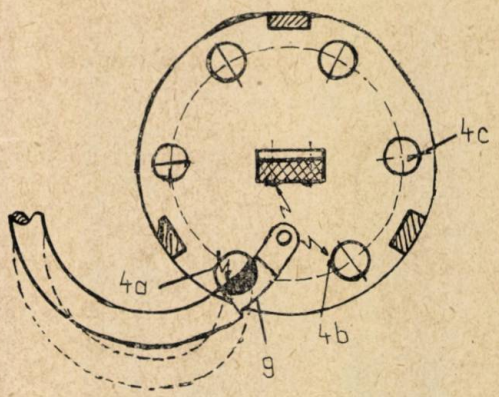


Fig. 8. Modul de evoluție a defectului la comutator.
Linia punctată reprezintă poziția inițială a conexiunii.

Evident, defectul a fost însoțit și de apariția unor supratensiuni. Aportul acestora în producerea și amplificarea efectelor avariei este discutabil.

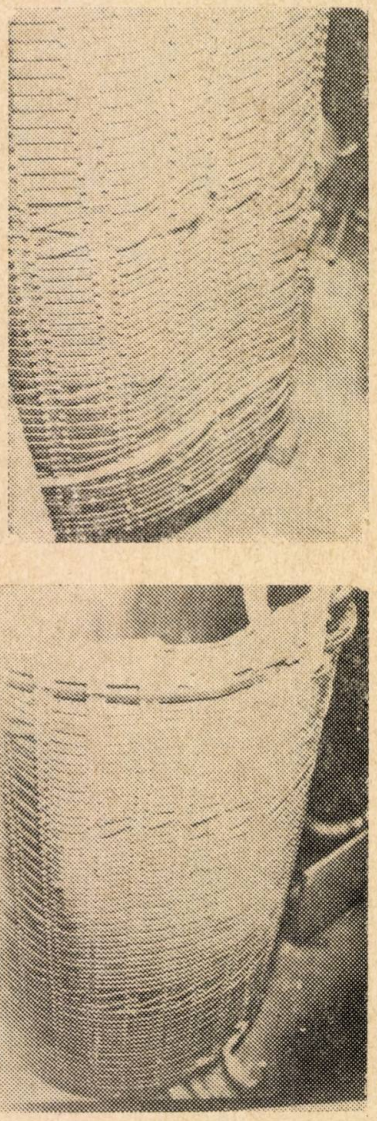
Literatura de specialitate [5] apreciază că supratensiunile provocate de procese de conectare și deconectare pot depăși de 2—4 ori tensiunea nominală de fază.

Pentru lămurirea acestui aspect, autorul a consultat o serie de specialiști în probleme de supratensiuni de la ICEMENERG, care au afirmat că, în cazul defectului în discuție, supratensiunile nu au depășit 1,5 din tensiunea nominală de fază.

Evident, în condiții normale o astfel de supratensiune nu este periculoasă, însă în condițiile unor șocuri electrodinamice puternice, cînd izolația între spire și galeți este intens solicitată din punct de vedere mecanic,

ea poate facilita apariţia scurtcircuitelor între spire şi galeţi.

Întreruperi intempestive în bobinaje au fost întîlnite şi în cazul transformatoarelor prevăzute cu reglaj în sarcină a tensiunii transfor-



a)

b)

Fig. 9. Bobinaj de medie tensiune avariat (Exemplul I).

matoarelor, unde la sistemul de comutare, fie datorită arderii unor rezistenţe de limitare, fie datorită unei funcţionări nesincrone a sistemului selector ruptor, apare o întrerupere în bobinaj (comutarea se face cu întreruperea tensiunii), situaţie urmată de apariţia unor şocuri de curent şi a unor supratensiuni care, în cazuri fericite, pot duce numai la avarierea sistemului de comutare. În cele mai multe cazuri apar, datorită supratensiunilor, străpungerea izolaţiei între spire şi galeţi, scurtcircuite, deformări puternice ale bobinajelor. Aspectul bobinajelor avariate în astfel de situaţii este asemănător cu cel descris anterior.

Fig. 10. Bobinaj de medie tensiune avariat (Exemplul II).

Cauzele apariţiei defectului

a) Se constată că, în general, la fixarea conexiunilor electrice la borne, există tendinţa de a se strînge suplimentar şurubul sau piuliţa, în scopul obţinerii unui contact electric cît mai bun, care să elimine pericolul apariţiei unor încălziri excesive ale locului îmbinării.

Aplicarea unei forţe de prestrîngere iniţiale exagerat de mari poate produce însă ruperea şurubului de fixare, aceasta constituind una dintre principalele cauze în producerea defectului analizat.

Cele afirmate au fost dovedite şi în urma demontării comutatorului, cînd la unele conexiuni s-a constatat că rondela-suport din alamă *5c* este deformată, aşa cum se arată în figura 11.

Valoarea forţei de prestrîngere iniţială, dezvoltată la strîngerea şuruburilor metrice cu chei standardizate, este dată de formula :

$$P_a \approx 70\ H,$$

în care

P_a este forţa de prestrîngere iniţială a şuruburilor ;

H — forţa de acţionare a braţului cheii.

Conform celor arătate, o strîngere exagerată a şurubului devine deosebit de periculoasă în cazul şuruburilor cu diametru mic, aşa cum este cazul analizat, unde şurubul *5a* are diametrul exterior de 10 mm.

Literatura de specialitate recomandă, în cazul şuruburilor din oţel obişnuit, utilizarea de diametre mai mari de 14 mm. Se recomandă, de asemenea, ca efortul unitar în material să nu depăşească 0,6 σ_c (σ_c fiind limita de curgere). În felul arătat există posibilitatea asigurării unor rezerve pentru preluarea unor sarcini suplimentare, ce vor fi amintite în continuare.

Defectul discutat scoate în evidenţă necesitatea ca forţa de prestrîngere iniţială să fie prescrisă şi controlabilă, fapt posibil numai

prin utilizarea cheilor dinamometrice. Este total contraindicat a se practica strîngerea şuruburilor de fixare a conexiunilor cu chei cu prelungitor.

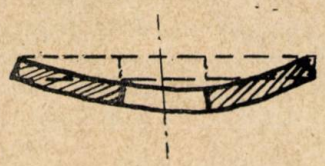


Fig. 11. Deformaţia şaibei de reazem *5e* ca urmare a unei forţe de strîngere iniţială exagerată.

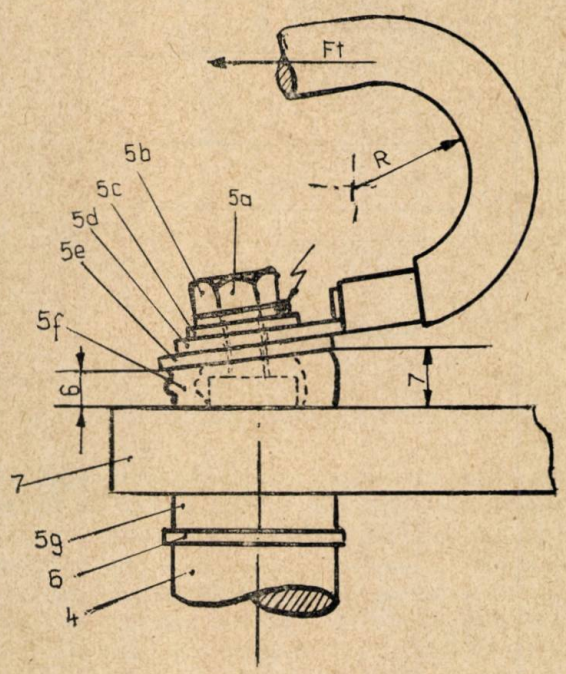


Fig. 12. Influenţa înclinării suprafeţei de reazem.

b) Unul dintre factorii suplimentari, dar deloc neglijabil, care au concurat la ruperea şurubului conexiunii, l-a constituit înclinarea suprafeţelor de fixare a capului şurubului, ca urmare a deformării în timpul strîngerii inelului de pertinax, *5f* (fig. 12). De asemenea, deformarea în timp a acestui inel a condus la slăbirea strîngerii şi deci la creşterea rezistenţei de contact în această zonă.

Gradul de înclinare al suprafeţei şurubului este indicat prin cele două cote înscrise în figura 12. Efectul de încovoiere la care este supus şurubul este amplificat atunci cînd crestătura şaibei Grower este poziţionată în locul indicat cu săgeată (fig. 12), iar conexiunea are forma indicată în aceeaşi figură.

Caracterul de periculozitate a acestor solicitări suplimentare creşte, avînd în vedere că ele se suprapun cu solicitări variabile transmise pe diferite căi, sub formă de vibraţii, la şuruburile de fixare a conexiunilor.

Este absolut necesară, de asemenea, o deosebită grijă la prelucrarea suprafeţelor de reazem ale capului şurubului, la eliminarea cauzelor care ar putea produce o astfel de încovoiere.

c) Analizîndu-se un număr mare de transformatoare, s-a constatat că, în unele cazuri,

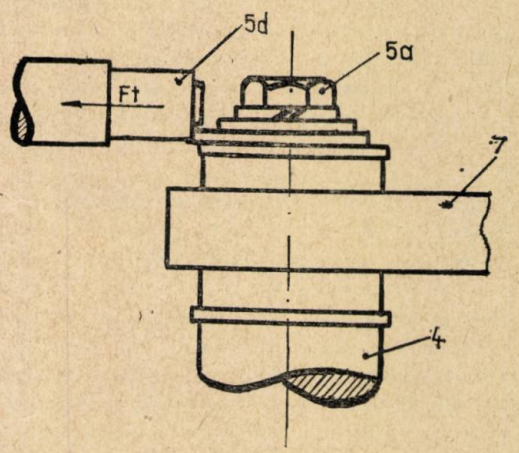


Fig. 13. Solicitarea îmbinăriii la acţiunea forţelor de tracţiune transversale.

execuţia imprecisă şi rigidă a conexiunilor de legătură dintre comutator şi bobinaje introduce eforturi mecanice suplimentare în comutator, în şuruburile de fixare a conexiunilor. Au fost cazuri în care s-a ajuns literalmente la încovoierea comutatorului.

În situaţia descrisă, şuruburile comutatorului sînt supuse la eforturi de încovoiere, aşa cum s-a arătat în cazul precedent (fig. 12), sau la eforturi de întindere transversale (fig. 13).

Pentru evitarea apariţiei acestor eforturi, este necesar să se fasoneze cît mai corect conexiunile, fiind recomandat să se utilizeze conductor flexibil, iar cînd acest lucru nu este posibil, compensatoare elastice de legătură. Se recomandă, de asemenea, ca raza de curbură *R* (fig. 12) să fie cît mai mare şi corelată cu gradul de rigiditate al conexiunii.

Este necesar să se accentueze că existenţa unor conexiuni rigide permite transmiterea relativ uşoară a vibraţiilor la comutator.

d) Vibraţiile care apar într-un transformator, şi care pot afecta şi comutatorul cu legăturile electrice aferente, se împart în două categorii:

— vibraţii cauzate de scurtcircuite în interiorul sau exteriorul transformatorului;

— vibraţii cauzate de fenomenul de magnetostricţiune şi ca urmare a împachetării defectuoase a miezului.

Referitor la vibraţiile cauzate de scurtcircuite cu caracter brusc, se consideră că sistemul înfăşurărilor unui transformator reprezintă un sistem mecanic complex, care se comportă elastic, şi nu rigid, datorită prezenţei izolaţiei conductorului de bobinaj al distanţoarelor şi penelor. Forţele care apar în bobinaj pe durata scurtcircuitului au componente la frecvenţa reţelei sau la dublul frecvenţei acesteia, iar cînd frecvenţa acestor vibraţii devine egală cu

frecvența de rezonanță, caracterul distructiv se amplifică mult. Vibrațiile provocate de forțele electrodinamice de scurtcircuit se transmit la comutator, în primul rînd prin intermediul unor conexiuni lipsite de elasticitate, precum și prin intermediul grinzilor de presare și chiar al uleiului de transformator, care este antrenat în mișcare ca urmare a vibrațiilor, Au fost cazuri în care, din cauza vibrațiilor, uleiul a fost expulzat pe conducta de legătură dintre cuvă și transformator cu viteze mari, uneori pînă la 50 cm/s, provocînd declanșarea transformatorului prin releul de gaze.

În legătură cu fenomenul de magnetostricțiune, trebuie arătat că acesta se manifestă complex și pregnant, mai ales în cazul miezurilor trifazate, unde coloanele și jugul nu se deformează identic, deoarece valorile absolute și direcțiile fluxului în coloane și în sectoarele de jug nu sînt identice. Părțile componente ale miezului, pe lîngă faptul că se lungesc, suferă și eforturi de încovoiere. Deformațiile ce apar în miez datorită fenomenului de magnetostricțiune se transmit și la grinzi, iar prin intermediul acestora la comutator, în care iau naștere vibrații cu frecvența de bază de 100 Hz. Amplitudinea maximă a acestor vibrații apare în zona mediană a comutatorului, fapt ce explică de ce la majoritatea cazurilor studiate defectul a apărut la caseta poziționată la mijlocul comutatorului.

Cumulînd cele arătate pînă aici, rezultă că asupra șuruburilor de fixare a conexiunilor la comutator se exercită solicitări statice și variabile, care se suprapun, rezultînd o solicitare cu caracter pulsatoriu, așa cum arată figura 14, frecvența de bază a pulsurilor fiind de 100 Hz.

e) Fixarea conexiunii transformatoarelor la bornele comutatorului de ploturi trebuie considerată ca o îmbinare pretențioasă, unde șurubul de fixare trebuie privit ca element sensibil afectat și de concentratoarele de tensiuni mecanice, al căror efect trebuie diminuat prin metodele cunoscute.

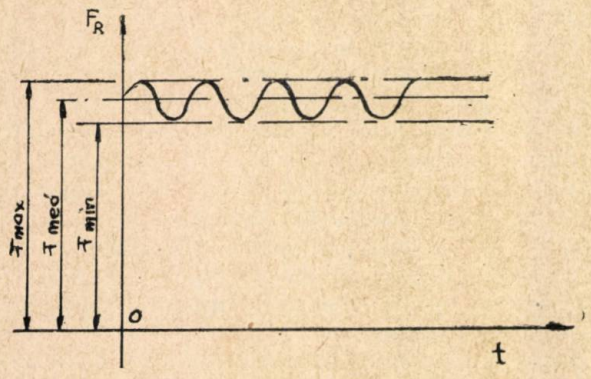


Fig. 14. Graficul de variație a forței rezultante ce acționează asupra îmbinărilor comutatorului.

f) În unele cazuri, un factor principal de defect l-a constituit folosirea șurubului *5a* (fig. 3 *b*) din oțel, supraîncălzirea acestuia, carbonizarea inelului din pertinax *5f* și slăbirea strîngerii, care a provocat creșterea rezistenței de contact.

g) La execuția comutatoarelor de ploturi fără sarcină se utilizează două moduri de fixare a conexiunilor la comutator, și anume :

— cel prezentat în figurile 3 *b*, 12 și 13 ;

— cel prezentat în figura 15.

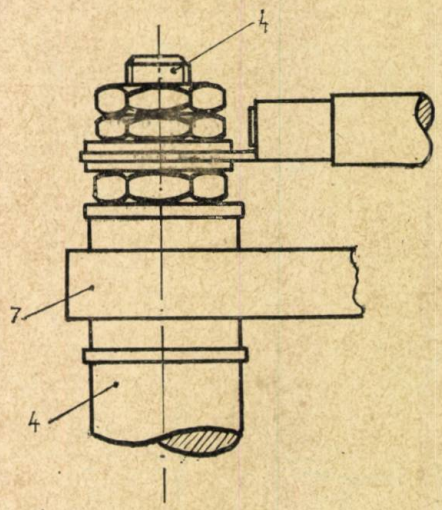


Fig. 15. Mod de fixare sigur a conexiunii la comutator.

Sistemul de fixare din figura 15 prezintă avantaje nete față de cel prezentat în figura 3 *b*, prin faptul că permite o strîngere și fixare individuală a contactului fix *4* la placa-suport *7*, pe de o parte, și fixarea conexiunii la contactul fix, pe de altă parte, prezintă o zonă filetată cu diametrul exterior ce variază de la 14 la 20 mm, fapt ce elimină pericolul ruperii, prezentînd în plus o cale mai sigură pentru curentul electric.

În cazul sistemului de fixare prezentat în figura 3 *b*, admițînd că elementele *5e*, *5d*, *5c* și *5b* prezintă o gaură cu diametrul mai mare decît al șurubului *5a* și că aceste elemente sînt așezate concentric față de axa șurubului *5a*, rezultă următoarea cale pentru curentul electric : conexiune-papuc *5d* — șaiba alamă *5c*

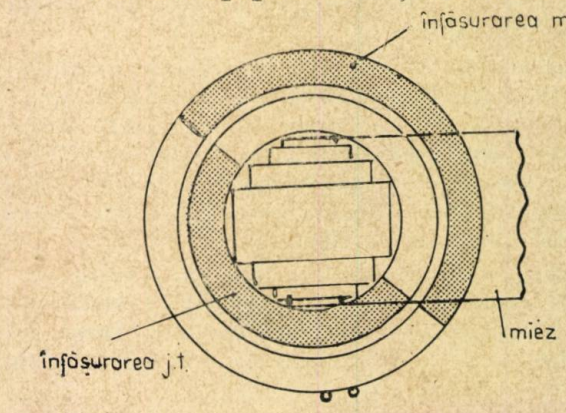


Fig. 16. Zonele în care spirele sînt proiectate în sus (porțiunile hașurate).

— șaiba Grower *5b* — șurub *5a* — contact fix *4*. În această înșiruire de elemente există o strangulare a căii de curent reprezentată prin porțiunea de șurub *5a* de la cap și pînă la contactul fix *4a*. Secțiunea medie a șurubului din oțel *5a* este de 63,58 mm². Curentul nominal ce circulă prin conexiune fiind de 420 A, rezultă o densitate de 6,6 A/mm pentru oțel, ceea ce este inadmisibil, știind că pentru conexiuni de cupru literatura de specialitate indică o densitate maximă de 4,8 A/mm².

În legătură cu sistemul de fixare a conexiunii prezentat în figura 15, trebuie arătat că experiența Uzinei de reparații transformatoare și aparataj electric Roman nu a înregistrat nici un caz de rupere a părții filetate a contactului fix ce contribuie la montarea conexiunii la comutator.

Concluzii

Cazul dezbătut vine să confirme părerea specialiștilor exprimată în unele lucrări de specialitate, și anume că sistemele de comutare a tensiunii transformatoarelor, în sarcină sau în absența acesteia, sînt proiectate și realizate ca instalații prea ușoare și delicate, fără suficientă rezervă.

Se ignoră faptul că asupra comutatorului acționează un complex de factori electrici, mecanici și termici, care impun precauții deosebite la proiectare, execuție și exploatare.

Este necesară o experimentare riguroasă a prototipului, supunerea acestuia în condiții de laborator la toate solicitările care ar putea surveni în exploatare, fără a neglija pe cele ce par mai puțin însemnate.

Bibliografie

[1] Farbman, S.A. și Bun, A.I. *Repararea și modernizarea transformatoarelor electrice*. Editura tehnică, București, 1963.

[2] Jezierski, E. și col. *Transformatoare electrice*. Editura tehnică, București, 1966.

[3] Gavrilaș, N. și col. *Tehnica tensiunilor înalte*. I.P. Iași, 1975.

[4] Mathé, B., Costina, D. și Marinescu, A. *Încercarea transformatoarelor*, vol. I și II. Edirura tehnică, București, 1966.

[5] Gheorghiu, I. S. *Tratat de mașini electrice*, vol. II. Editura tehnică, București, 1966.

[6] Manea, Gh. *Organe de mașini*.

[7] Minoiu, I. și Tatu, N. *Organe de mașini*.

[8] Lăzăroiu, F.D. și Bichir, N. *Zgomotul mașinilor și transformatoarelor electrice*. Editura tehnică, București, 1968.

(Articol intrat în redacție la 28 iulie 1979)

Aspecte caracteristice ale poluării sonore din centralele electrice

Ing. **M. Riedel***)

Zgomotul, supranumit și „subprodus al metabolismului tehnologic", reprezintă astăzi unul dintre cei mai importanți factori de disconfort pentru organismul uman și totodată una din problemele de actualitate ale igienei mediului înconjurător în care trăiește și lucrează omul contemporan.

O consecință directă a creșterii intensității zgomotului a constituit-o apariția poluării sonore, care ne afectează zilnic prin acțiunea succesivă a zgomotului profesional, urban și din locuințe. Expunerea prelungită și sistematică la acțiunea zgomotelor puternice exercită o influență negativă asupra întregului organism, cu numeroase implicații psihologice și sociale, și duce inevitabil la instalarea deficitului auditiv.

Din punct de vedere economic, problema zgomotului industrial prezintă o importanță deosebită, acesta scăzînd sensibil capacitatea de muncă (în unele cazuri pînă la 60% [1]), fiind în mod deosebit afectată munca intelectuală. În cadrul unităților industriale, centrale electrice ocupă unul din primele locuri în privința nivelului ridicat al zgomotului produs de utilaje și agregate.

*) Ing. Mugur Riedel lucrează în cadrul Atelierului service de probe și măsurători termomecanice din ICEMENERG.

1. Sursele tipice de zgomot din centralele electrice

În funcție de tipul și parametrii centralelor electrice, precum și de datele constructive ale agregatelor folosite, cauzele care determină apariția zgomotelor pot varia de la caz la caz, aceasta explicînd mărimea diferită a energiei acustice radiate, precum și repartizarea ei variabilă în spectrul de frecvență.

1.1. *Fenomenele ce stau la baza producerii zgomotelor din centralele electrice*

A. *Zgomotele de natură aerodinamică* sînt cel mai des întîlnite și au cea mai mare intensitate. Ele pot avea drept cauze [2], [3]:

a) trecerea fluidelor compresibile prin orificii calibrate (supape de siguranță) sau organe de reglaj (vane, clapete etc.);

b) curgerea pulsatorie, cînd frecvența de variație a debitului sau presiunii statice cade în domeniul audibil;

c) interacțiunea fluid-perete, în special la curgerea turbulentă (zgomotul ventilatoarelor -de aer și gaze de ardere);

d) amestecul turbulent de fluide cu viteze diferite;

e) undele de şoc, la depăşirea căderii critice de presiune (curgerea devine sonică în zona cea mai îngustă);

f) fenomene specifice (pompajul, cavitaţia).

B. *Zgomotele de natură electromagnetică* sînt specifice maşinilor electrice şi se datoresc forţelor cu caracter periodic ce apar în spaţiul dintre rotor şi stator. De obicei, zgomotul magnetic este constituit dintr-un sunet fundamental, dat de frecvenţa reţelei electrice, şi armonicile acestuia.

C. *Zgomotele de natură mecanică* se produc prin ciocnire sau frecare; în centralele electrice singurele surse importante de zgomot de acest gen sînt instalaţiile de preparare a cărbunelui.

D. *Zgomotele de natură termică* se produc în focar datorită turbionării fluidului şi autooscilaţiei flăcărilor, şi apar în special la tiraje necorespunzătoare; de obicei sînt de intensitate medie şi sînt însoţite de vibraţii.

1.2. *Sursele de zgomot din centralele termoelectrice*

Caracteristic CTE este faptul că numărul mare şi varietatea surselor de zgomot determină apariţia unor cîmpuri acustice difuze de intensităţi ridicate, avînd componente multiple, de frecvenţe şi naturi diferite.

In sala cazanelor, cîmpul de zgomot depinde de distribuţia spaţială, tipul şi numărul cazanelor şi combustibilul utilizat şi are de obicei componente de joasă frecvenţă (JF). Dacă ventilatoarele de aer şi gaze de ardere sînt amplasate în interiorul sălii, cîmpul sonor va include şi frecvenţe medii şi înalte.

— Cazanele produc un zgomot de JF de natură termică, a cărui energie provoacă trepidaţii ale construcţiei. Zgomotul este mai puternic în zona arzătoarelor şi atinge 84—90 dBA [4].

— Ventilatoarele de aer şi gaze de ardere produc zgomote de natură aerodinamică şi mecanică; nivelul de zgomot este de 90—100 dBA [4], predominînd MF şi IF. De remarcat că ventilatoarele axiale permit un mai bun control al zgomotului de IF [5].

— Clapetele de gaze dau zgomote aerodinamice puternice, de IF (1—8 kHz), datorită presiunilor mari şi variaţiei bruşte a secţiunii de trecere. Zgomotele depind de gradul de deschidere a armăturilor şi de apropierea de frontul de deservire a cazanelor [6].

— Morile de cărbune au un spectru cvasiuniform, cu componente maxime de energie acustică într-un domeniu larg (0,1—8 kHz). Nivelul de zgomot atinge valori de 97—105 dBA [4].

In sala maşinilor, cîmpul sonor depinde de repartizarea surselor de zgomot şi se datorează atît zgomotului radiat direct de surse, cît şi multiplelor reflexii ce au loc. Nivelul de presiune acustică globală al zgomotului scade foarte puţin în raport cu scăderea numărului de turboagregate în funcţiune [7].

— Turbinele cu abur produc zgomote de intensităţi variabile, ce depind de puterea grupurilor şi particularităţile constructive (80 dBA la 125 MW; 110 dBA la 250 MW; 94—104 dBA la 330 MW [8]).

— Generatoarele sînt surse nocive de zgomot de JF şi MF, produs de fenomene magnetice, aerodinamice (rotaţia rotorului în mediu gazos) şi mecanice (dezechilibrarea rotorului în contact cu periile). Nivelul de zgomot este de 94—100 dBA [4].

— Excitatricele dau zgomote aerodinamice de MF, avînd componente maxime de energie acustică la circa 500 Hz [6].

— Pompele şi compresoarele produc zgomote de natură mecanică şi aerodinamică la un nivel destul de ridicat (95—100 dBA la EPA şi EPC şi 105—106 dBA la EP condensat de bază [4]).

— Preîncălzitoarele şi degazoarele sînt surse de zgomot de IF de natură aerodinamică.

— Condensatoarele prezintă un cîmp de zgomot particular: sub generator predomină JF, la intrarea în turbină şi sub armăturile conductelor de abur de înaltă presiune predomină IF. Nivelul global de zgomot este 90—100 dBA [6].

— Conductele reprezintă una dintre sursele majore, zgomotul datorîndu-se curgerii fluidelor (în special cele compresibile), loviturilor de berbec, cavitaţiei şi vibraţiilor mecanice; intensitatea zgomotului creşte la scăderea viscozităţii şi creşterea vitezei fluidului prin conductă. Dacă conducta nu este corect izolată pe suporturi, ea preia şi transmite orice sunet produs de echipamentele din jur; de multe ori, acest fenomen primează asupra zgomotului propriu [2]. Nivelul de zgomot poate depăşi uşor 90 dBA, avînd dominante supărătoare de IF (1—12 kHz).

— Staţiile de reducere-răcire constituie totdeauna o sursă puternică de zgomot nociv, creînd o zonă locală de intensitate acustică insuportabilă chiar pentru o staţionare de cîteva minute; temperatura ridicată pe care o dezvoltă aceste staţii face imposibilă izolarea lor completă. Zgomotul aerodinamic de IF atinge un nivel de 95—118 dBA [4].

— Motoarele electrice mari ($P \geqslant 75$ kW) produc zgomote de 92—110 dBA [9], predominînd IF de 1—2 kHz datorate variaţiilor de flux magnetic; pentru a reduce nivelul de zgomot sub limita admisibilă de 90 dBA, sînt necesare: reducerea turaţiei, carcase fonoabsorbante sau atenuatoare de zgomot.

În afară de sălile cazanelor şi maşinilor, în CTE există şi *alte săli* în care utilajele specifice combustibilului folosit produc zgomote foarte puternice (staţiile de compresoare şi concasoare; de reducere, măsură şi reglare a presiunii gazului; staţiile de păcură).

Dintre sursele exterioare de zgomot din CTE, cele mai importante, în ordinea valorilor intensităţii acustice, sînt următoarele :

— eşapările de abur (sau gaze de la turbine) de la supapele de siguranţă ; acestea produc zgomote extrem de puternice (120 dBA [6], repartizate uniform în gama 16 Hz—20 kHz sau chiar 140 dBA [5] la 15 m de sursă). Fluidul eşapat formează un jet liber, turbulent, intensitatea zgomotului emis depinzînd de viteza şi parametrii geometrici ai jetului, precum şi de condiţiile curgerii prin ajutaj ;

— zonele de aspiraţie a aerului şi refulare a gazelor de ardere, cînd ventilatoarele se află în afara sălii cazanelor ;

— transformatoarele de putere dau zgomote de maximum 90 dBA [6], datorate vibraţiilor miezului şi înfăşurărilor ;

— turnurile de răcire cu tiraj natural produc zgomote sub limita admisibilă, atingînd 80—85 dBA la baza turnului [5] ; la aceeaşi capacitate, turnurile cu tiraj forţat sînt mai zgomotoase cu cîţiva dB ;

— liniile electrice de ultraînaltă tensiune sînt, în special în anotimpul rece, sursele unor zgomote ce pot atinge chiar 60 dBA [5].

1.3. *Sursele de zgomot din centralele hidroelectrice*

În comparaţie cu CTE, CHE au o schemă mai simplă şi un număr mai mic de tipuri de utilaje ; ca urmare, cîmpul de zgomot este mai uniform şi are valori mai mici decît cel din CTE.

În sala hidrogeneratoarelor, zgomotul este produs de către generatoare şi excitatricele aferente ; spectrul de zgomot este uniform şi dominat de JF şi MF, iar intensitatea acustică atinge 78—92 dBA [4].

În sala turbinelor, zgomotul are valori mai ridicate, predominînd MF şi IF ; la turbinele de putere mare se ajunge la 90—100 dBA [6].

Cîmpul sonor din sala vanelor şi sorburilor este mai uniform şi se datorează exclusiv turbulenţei fluidului ; cele mai ridicate valori ale zgomotului au fost întîlnite la fosele generatoarelor (108—112 dBA), dar depăşirea limitei admisibile are aici o mai mică importanţă, întrucît funcţionarea utilajelor nu necesită prezenţa permanentă a personalului de exploatare.

2. Spectre de frecvenţă. Hărţi acustice

Măsurătorile obişnuite de zgomot constau, de regulă, în determinarea componentelor spectrale (valorile nivelului de presiune acustică în funcţie de frecvenţele medii ale benzilor de octavă uzuale) şi a valorii globale a nivelului de presiune acustică.

Determinarea principalelor surse de zgomot şi a caracteristicilor spectrale s-a realizat prin măsurători efectuate în condiţii normale de exploatare, în nodurile unei reţele imaginare de linii echidistante (aproximativ 10 m) şi într-un contur aflat la o distanţă de circa 1 m de carcasa utilajului. Pe baza rezultatelor obţinute s-au trasat atît spectrele de zgomot prezentate în figura 1, cît şi harta acustică a sălii maşinilor (fig. 2). Înainte de a se trece la măsuri concrete de reducere a nivelului de zgomot, trebuie făcută analiza spectrală a acestuia, întrucît, chiar la

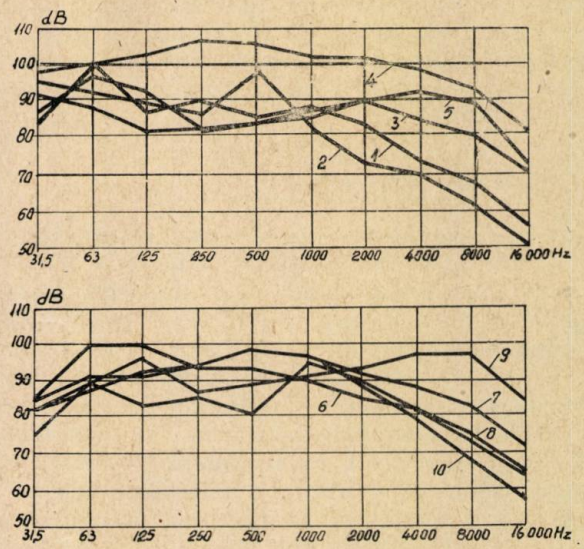


Fig. 1. Spectrele surselor tipice de zgomot din centralele electrice.

1 — cazan de 300 t/h ; *2* — ventilator de aer ; *3* — clapetă de gaze ; *4* — moară cu ciocane ; *5* — grup turbogenerator de 250 MW ; *6* — generator ; *7* — excitatrice ; *8* — condensator ; *9* — pompă de alimentare ; *10* — turbină hidraulică.

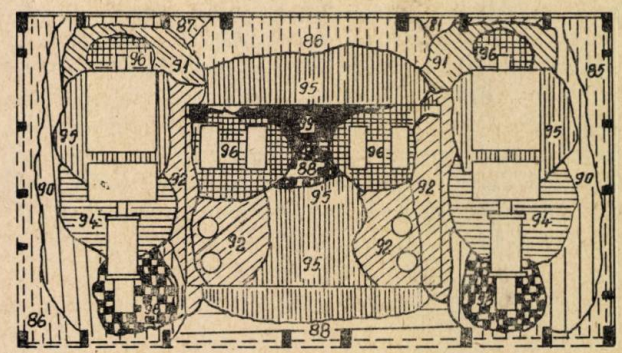


Fig. 2. Harta acustică a sălii maşinilor din CET Iaşi.

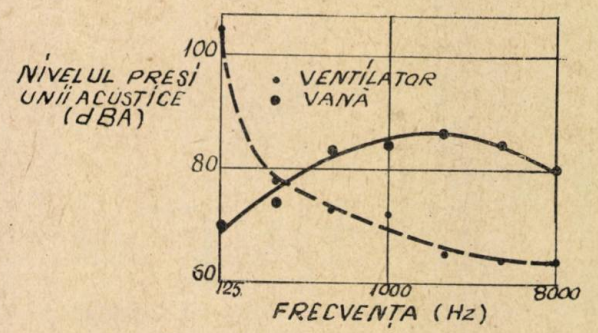


Fig. 3. Spectrele diferite de frecvenţă a două surse ce produc acelaşi nivel global de zgomot (90 dBA).

același nivel global de zgomot, spectrele de frecvență pot diferi mult (figura 3 prezintă spectrele tipice de zgomot produs de un ventilator și o vană, nivelul în ambele cazuri fiind de 90 dBA).

3. Surditatea profesională

Acțiunea nocivă a zgomotului asupra organismului uman se manifestă prin efecte directe (asupra organului auditiv) și indirecte (fiziologice și psihologice). Expunerea profesională îndelungată la zgomote de peste 90 dBA conduce inevitabil la leziuni ireversibile ale urechii interne (pierdere definitivă a audiției, spre deosebire de oboseala auditivă, fenomen tranzitoriu și reversibil). Se consideră [1] că există patru stadii de evoluție a surdității profesionale: I — instalarea deficitului permanent; II — latența totală; III — latența subtotală; IV — perioada terminală de surditate manifestă, ale căror trasee audiometrice sînt prezentate în figura 4.

Deficitul auditiv este agravat de: vechimea expunerii profesionale la zgomot, vîrsta biologică [10], starea de sănătate, factorii de mediu (prezența vibrațiilor mecanice și a substanțelor toxice [1]), tipul și nivelul de zgomot la locul de muncă (zgomotele industriale impulsive, avînd componente maxime de energie acustică de 30—200 μs, la 2—5 kHz au 15—25 dB, peste valoarea obținută cu un sonometru normal [11]).

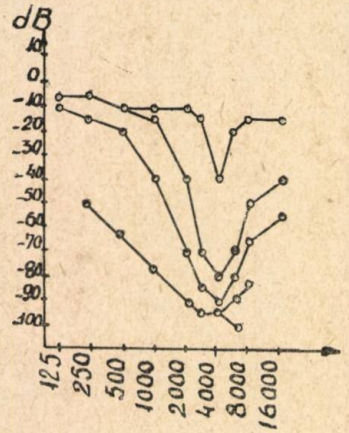


Fig. 4. Traseele audiometrice ilustrînd cele patru stadii de evoluție a surdității profesionale.

Pentru a ilustra evoluția surdității profesionale a personalului de exploatare, se prezintă o parte din rezultatele unui studiu [12] care a cuprins și examinarea audiometrică a unui grup de 60 muncitori din CET București-Sud; s-au determinat:

— stadiul de evoluție al hipoacuziei (cu 0 s-a notat curba audiometrică tonală normală);

— pierderea auditivă medie (PAM 1) = media aritmetică a pragurilor auditive (PA) în dB, la nivelul frecvențelor de conversație de 0,5; 1 și 2 kHz;

$$PAM\ 1 = 0{,}33\ [PA\ (0{,}5\ kHz) + PA\ (1\ kHz) + PA\ (2\ kHz)]$$

PAM_2 (același tip de medie, dar dublînd valoarea de la 1kHz);

$$PAM\ 2 = 0{,}25\ [PA\ (0{,}5\ kHz) + 2\ PA\ (1\ kHz) + PA\ (2\ kHz)]$$

— Indicele Lafon (La) (același tip de medie pentru 2 și 4 kHz); La=0,5 [Pa(2 kHz) + + PA (4 kHz)]

Datele examinărilor audiometrice sînt prezentate în tabelele 1 și 2. Se observă că muncitorii cu vechime de 10—20 ani, precum și operatorii de cazane și turbine au deficitul auditiv profesional cel mai avansat. În plus, examenul electroencefalografic a arătat modificări asemănătoare cu cele datorate nevrozei astenice.

Tabelul 1

Stadiul de evoluție a surdității profesionale după nivelul de zgomot la locul de muncă, pentru 60 muncitori din CET București-Sud

Profesia	Locul de muncă	Nivelul de zgomot (dBA)	Stadiulde evoluție				
			0	I	II	III	IV
Operator cazane	cota 0	102	3	2	—	4	4
Operator turbine	cota 8	114	3	6	11	4	5
Lăcătuș	At.rep. mec.	70—90	8	6	5	1	—
		Total 60	14	12	16	9	9

Tabelul 2

Stadiul de evoluție a surdității profesionale și pierderea auditivă după vechimea expunerii profesionale la zgomot, pentru 60 muncitori din CET București-Sud

Nr. crt.	Vechimea în zgomot (ani)	Stadiul de evoluție					PAM1 (dB)		PAM2 (dB)		La(dB)			
		0	I	II	III	IV	<35	>35	<35	>35	<20	20—35	35—50	>50
1	1	6	—	—	—	—	6	—	6	—	6	—	—	—
2	1—5	8	7	4	1	—	20	—	15	5	10	9	1	—
3	6—10	—	5	4	2	—	9	2	7	4	—	6	4	1
4	11—15	—	—	6	3	3	8	4	6	6	—	6	5	1
5	16—20	—	—	2	3	6	—	11	3	8	—	3	2	6
Total 60		14	12	16	9	9	43	17	37	23	16	24	12	8

În literatura de specialitate [13] se menționează că riscul deficitului auditiv este de 18% pentru o expunere la un nivel echivalent continuu de 90 dBA timp de 40 ani cu 50 săpt./an și 40 ore/săpt.; ca urmare a expunerii profesionale la zgomot, probabilitatea de a depăși o PAM 1 de 25 dB este de 21%; în plus, există o probabilitate de 33% de PAM datorată efectului vîrstei (presbiacuzie).

Bibliografie

[1] Ursoniu, C. *Poluarea sonoră și consecințele ei.* Editura Facla, 1976.

[2] Arcuri, K. *Minimizing noise in steam piping systems.* În: Power Engineering nr. 11, 1972.

[3] Mutte, R. și Peignelin, G. *Bruits dus aux écoulements des fluids compressibles.* În: Rev. Gén. Therm. nr. 176—177/1976.
[4] Riedel, M. *Măsurători pentru determinarea nivelului de zgomot la instalațiile aferente blocului 4 de 330 MW din CTE Rovinari.* Lucrare ICEMENERG, 1978.
[5] Rittenhouse, R. C. *Noise control in power plants.* În: Power Engineering nr. 7, 1976.
[6] Bercovici, J. *Cercetări privind zgomotele în centralele electrice.* Lucrări tehnico-științifice IRME, vol. 9, 1972.
[7] Broch, J. T. *Acoustic noise measurements.* Brüel & Kjaer, 1975.
[8] Candiani, S. și Riedel, M. *Zgomotul intrauzinal și extrauzinal din unitățile producătoare de energie electrică.* Consfătuirea „Zgomotul centrelor populate, metode și mijloace de combatere", București, 1978.
[9] Hobbs, R. J. *Putting the wraps on electric motors.* În: Electrical Review nr. 21, 1978.
[10] Marsh, D. *Introduction aux mesures d'acoustique et de vibration.* ORBIT COURS.
[11] Brüel, P.V. *Damaging noise measurements.* În: Brüel & Kjaer Techn. Rev. nr. 1, 1976.
[12] Penescu, M. ș.a. *Studiul influenței zgomotului asupra sănătății personalului din centralele electrice.* ICPTT, 1975.
[13] Christensen, L.S. *Sources of error in noise dose measurements.* Brüel & Kjaer Techn. Rev. nr. 3, 1973.

(Articol intrat în redacție la 19 octombrie 1979)

CRONICA

Consfătuirea de lucru și expoziția ramurii energiei electrice și termice privind creația științifică și tehnică de masă

Pitești, 5—6 iunie 1980

Consfătuirea și expoziția organizate cu ocazia etapei de ramură a acțiunii de atragere a maselor la activitatea de creație științifică și tehnică din cadrul Festivalului național „Cîntarea României" au avut ca scop prezentarea și analiza realizărilor obținute de oamenii muncii din ramura energiei electrice și termice pe linia introducerii progresului tehnic și tehnologiilor noi, creșterea aportului acestora la înfăptuirea sarcinilor majore ale sistemului energetic național.

Au participat 160 de delegați ai unităților M.E.E., inventatori și inovatori, cadre de specialitate, activiști ai sindicatelor responsabili cu invențiile și inovațiile, invitați din partea marilor consumatori de energie electrică și termică din zonă, precum și ai unor instalații centrale cu preocupări și sarcini în domeniul introducerii progresului tehnic.

La organizarea consfătuirii și a expoziției s-a primit sprijin din partea Comitetului județean al P.C.R. Argeș, a Biroului Executiv al Comitetului Uniunii Sindicatelor din întreprinderile miniere, petrol, geologie și energie electrică și a Consiliului județean al sindicatelor Argeș.

În cadrul ședinței de deschidere, ing. Alexandru Dobrișan, adjunct al ministrului energiei electrice, a prezentat „Sarcinile prioritare ale industriei energiei electrice și termice în etapa actuală și în perspectivă", în scopul orientării acțiunii de atragere a maselor la activitatea de creație științifică și tehnică pentru îndeplinirea obiectivelor prioritare ale sistemului energetic național, și anume:

— creșterea siguranței în funcționare a instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice și termice;
— reducerea consumului specific de combustibil la termocentrale și a consumului propriu tehnologic de energie electrică în centrale și rețele;
— creșterea producției de energie electrică pe combustibil solid și reducerea consumului de hidrocarburi;
— elaborarea de metode, aparate, căi pentru raționalizarea consumurilor energetice la consumatori;
— creșterea productivității muncii prin introducerea și extinderea mecanizării lucrărilor, a automatizărilor, telemecanizării și telecomenzii;
— îmbunătățirea calității produselor și a lucrărilor de întreținere, revizie și reparații;
— mijloace și metode entru creșterea gradului de securitate a muncii;
— mijloace și metode de prevenire și stingere a incendiilor în instalațiile energetice;
— aparate și mijloace de reducere a poluării mediului de către instalațiile energetice;
— soluții tehnico-economice pentru grăbirea valorificării surselor noi de energie, precum și a resurselor de potențial energetic scăzut etc.

Subliniind rolul maselor la creația științifică și tehnică din ramură, prin exemplificarea unor realizări importante, vorbitorul a menționat în același timp necesitatea intensificării preocupării pentru atragerea tuturor oamenilor muncii la activitatea de creație științifică și tehnică, pentru valorificarea experienței și priceperii fiecăruia, în vederea trecerii la o nouă calitate în domeniul energetic.

Expoziția a cuprins peste 270 de produse și tehnologii noi realizate în unitățile M.E.E., demonstrînd nivelul și preocuparea fiecărei unități (centrale industriale, trusturi, institute de cercetare-proiectare și întreprinderi) pentru antrenarea colectivelor de oameni ai muncii la activitatea de creație științifică și tehnică.

Prin numărul de produse și tehnologii noi prezentate în expoziție s-au remarcat: Întreprinderile de rețele electrice Pitești, Cluj și Bacău, cu cîte 23 exponate; Întreprinderile de electrocentrale Borzești, Cluj și Curtea de Argeș, cu cîte 10 exponate; Întreprinderea Energoreparații, cu 9 exponate, Trustul Energoconstrucția și Trustul de construcții hidroenergetice, cu cele 8 și, respectiv, 7 tehnologii expuse. Au prezentat interes exponatele I.S.P.H. și ICEMENERG, prin care sînt concretizate o serie de studii și teme de cercetare.

Constituind un schimb de experiență util pe linia introducerii progresului tehnic, consfătuirea și expoziția creației științifice și tehnice de masă au scos în evidență importante rezerve în activitatea oamenilor muncii din ramură care pot fi valorificate.

Cele 23 de referate și luările de cuvînt din cadrul dezbaterilor au exemplificat o serie de posibilități practice pentru intensificarea contribuției maselor la realizarea obiectivelor majore ale sistemului energetic. S-au remarcat expunerile delegațiilor de la Intreprinderile de electrocentrale Deva, Craiova și Galați, privind creșterea producției de energie electrică pe cărbune, reducerea consumului de hidrocarburi și sporirea gradului de siguranță în funcționarea instalațiilor.

Inventatorii și inovatorii de la ICEMENERG, I.S.P.H., trusturile de construcții și montaje energetice și întreprinderile de rețele electrice au avut ca direcții de acțiune în special realizarea de aparate și dispozitive pentru autoutilare, perfecționarea mașinilor, utilajelor și modernizarea proceselor tehnologice.

Consfătuirea a cuprins și alte aspecte ale preocupărilor colectivelor de oameni ai muncii, ca de exemplu : reducerea cheltuielilor materiale la realizarea construcțiilor (T.C.H.), creșterea randamentului receptoarelor electrice (ERE Bihor), realizarea de acoperiri protectoare contra incendiilor (ICEMENERG), informarea documentară tehnică a tuturor categoriilor de oameni ai muncii (ICEMENERG, IE Ploiești, ERE Bihor), valorificarea energiei valurilor Mării Negre, epurarea apelor uzate și valorificarea biomasei (I.S.P.H.) etc.

S-au bucurat de o largă apreciere filmele tehnico-științifice de informare-documentare prezentate de I.S.P.H. și Trustul Energomontaj.

Din aspectele critice rezultate în discuții s-au reținut : circuitul și durata mare de avizare a propunerilor de invenții și inovații, greutățile întîmpinate în realizarea și valorificarea unora dintre propunerile oamenilor muncii ; cuantumul recompenselor materiale pentru inovatori și inventatori, întîrzierea cu care acestea se fac în unele cazuri, preocuparea mai slabă la unele unități, față de posibilitățile pe care le au, pentru introducerea progresului tehnic prin valorificarea invențiilor și inovațiilor, ca de exemplu la Trustul Energoconstrucția, I.S.P.E., ICEMENERG și C.I.R.E.

În ceea ce privește participarea unităților M.E.E. la etapa pe ramură a creației științifice și tehnice de masă au apărut ca nejustificabile absențele la această manifestare ale I.S.P.E. și G.S.E.M. Banat, unde sînt colective de inventatori, inovatori și alți oameni ai muncii cu realizări importante, care trebuie popularizate și generalizate.

S-a propus organizarea în acest an a unui curs scurt de instruire și reciclare a responsabililor cu invențiile și inovațiile din toate întreprinderile, pentru asigurarea aplicării unitare a legislației privind invențiile și inovațiile.

Pentru continuarea și intensificarea acțiunii de atragere a maselor la activitatea de creație științifică și tehnică, pentru creșterea contribuției tuturor categoriilor de oameni ai muncii la îndeplinirea sarcinilor de plan, a programelor de cercetare și introducere a progresului tehnic pe anul 1980 și cincinalul 1981—1985, s-au propus următoarele măsuri :

1. Distribuirea pe colective largi de oameni ai muncii, spre rezolvare, a temelor de cercetare științifică, de introducere a progresului tehnic, a temelor din planurile tematice de invenții și inovații, precum și a problemelor majore cu care se confruntă activitatea de producție în întreprinderi și pe șantiere, astfel încît toți oamenii muncii din unitate să devină participanți activi în acțiunea de creație științifică și tehnică de masă.

2. Pînă la 30 septembrie 1980 toate unitățile vor comunica ierarhic (prin centralele industriale și trusturi) listele cu creațiile tehnice ale oamenilor muncii evidențiate la etapele pe întreprindere, județ și ramură și măsurile luate pentru rezolvarea și valorificarea lor prin planurile tehnice proprii sau prin colaborare cu unități de specialitate. În liste se vor cuprinde obligatoriu invențiile și inovațiile existente în unitate care au fost avizate favorabil.

3. Prin grija comisiilor de coordonare și îndrumare a acțiunii privind creația științifică și tehnică de masă în unități, se va trece la consultarea largă, pe laboratoare, secții, ateliere, a tuturor categoriilor de oameni ai muncii, în vederea întocmirii propunerilor de teme pentru planurile tematice de invenții și inovații ale unităților și ministerului, corelate cu programele prioritare de cercetare și introducere a progresului tehnic și axate pe rezolvarea problemelor majore ale producției.

4. Conducerile colective ale unităților (în special la centralele industriale, trusturi și institute) vor analiza activitatea comisiilor de coordonare și îndrumare a creației științifice și tehnice de masă și vor stabili măsuri de îmbunătățire a activității acestora, precum și a muncii responsabililor cu invențiile și inovațiile. Se va insista asupra măsurilor privind informarea documentară tehnică a oamenilor muncii, popularizarea planurilor tematice de invenții și inovații, a problemelor majore ce trebuie rezolvate, a programelor de cercetare și introducere a progresului tehnic, depistarea soluțiilor originale realizate în activitatea de cercetare, proiectare și producție pentru protejarea lor prin brevete de invenții, grăbirea rezolvării și valorificării invențiilor și inovațiilor etc.

Măsurile luate vor fi comunicate comisiei pe ramură (Direcția tehnică).

5. Direcția tehnică, în colaborare cu Oficiul de stat pentru invenții și mărci, va organiza un curs de instruire a responsabililor cu invențiile și inovațiile din unități în scopul cunoașterii de către aceștia a problemelor de protecție a proprietății industriale și pentru aplicarea unitară a legislației privind invențiile și inovațiile.

6. Concluziile consfătuirii și schimbului de experiență pe ramura energiei electrice și termice privind creația științifică și tehnică de masă, precum și unele din referatele de interes mai larg prezentate la consfătuire vor fi publicate în suplimentul revistei „Energetica", pentru popularizare.

Recenzii

I. DUMITRESCU și colectiv. **Prelucrarea automată a datelor pentru întocmirea bilanțurilor energetice.** Editura tehnică, București, 1979, 400 p.

Lucrarea cu titlul de mai sus, prima de acest gen în literatura de specialitate din țara noastră, reprezintă un îndrumar practic privind tehnica de prelucrare automată a datelor referitoare la mărimile de stare ale instalațiilor energetice din întreprinderile industriale, în vederea optimizării bilanțurilor de energie.

Această tehnică are drept obiectiv realizarea, în cadrul întreprinderilor industriale, a unui sistem informatic de prelevare a datelor, memorare în fișiere și prelucrarea lor pe baza unor modele de bilanț, astfel încît să se poată realiza o analiză operativă și permanentă a stării energetice reale a întreprinderilor, menită să descopere în timp util orice deficiențe survenite în gospodărirea judicioasă a energiei, începînd cu nivelul agregatelor și terminînd cu nivelul întreprinderilor în cauză.

Lucrarea este structurată pe șase capitole, care cuprind două părți distincte : prima se referă la componenta electrică a instalațiilor energetice industriale, iar a doua la componenta termică.

Cele șase capitole sînt precedate de o largă introducere, în care sînt tratate următoarele probleme : identificarea proceselor, prelevarea datelor prin măsurare, evidența prin explorări de fișiere cu sisteme de calcul automat, preluarea datelor, optimizări.

După cum se observă, partea introductivă a cărții abordează problematica implementării unui sistem informatic pentru gestiunea energetică a întreprinderilor industriale.

Primele două capitole ale cărții se ocupă de problema bilanțurilor electrice ale întreprinderilor industriale.

Astfel, primul capitol se referă la elaborarea bilanțurilor electrice la nivelul întreprinderilor și secțiilor.

În cadrul acestui capitol se dezvoltă următoarea problematică : culegerea datelor pentru elaborarea bilanțurilor electrice (prelevarea datelor prin măsurări, periodicitatea efectuării măsurătorilor, colectarea primară a datelor și pregătirea suportului tehnic de date), modele pentru bilanțul electroenergetic (expresii matematice, calcule statistice), algoritme și programe de prelucrare a datelor de bilanț electric (scheme de calcul, programe de prelucrare a datelor, indicații de utilizare a programelor pentru bilanț, interpretarea rezultatelor), optimizări ale regimului de funcționare a stațiilor de transformare și a rețelelor de alimentare (modele și algoritme de optimizare, programe FORTRAN de optimizare), fișiere pentru bilanțurile electrice ale întreprinderilor.

Capitolul 2 tratează întocmirea bilanțurilor electrice pe agregate și instalații electrice. Sînt luate în considerare următoarele agregate : agregate electromecanice acționate cu motoare asincrone de mică putere și agregate electrofluidice. În continuare este prezentat modul de întocmire a bilanțurilor electrice pentru instalații electromecanice complexe și instalații de electroliză.

Capitolul 3 al lucrării se ocupă de analiza termogazodinamică a pierderilor de energie la curgerea fluidelor. În cadrul acestui capitol sînt prezentate următoarele probleme : parametrii caracteristici curgerii adiabate cu viteză constantă fără schimb de lucru mecanic cu exteriorul, curgerea adiabată cu viteză variabilă fără efectuare de lucru mecanic, studiul proceselor de curgere și de transfer de căldură asistat de calculator.

Capitolul 4 al lucrării este rezervat prezentării modelelor și procedurilor de calcul pentru întocmirea bilanțurilor termice : metode de apreciere a economicității funcționării instalațiilor termice, analiza exergetică a instalațiilor termice (energia combustibililor, energia gazelor de ardere, randamentul exergetic al proceselor de ardere), tipuri caracteristice de bilanț termic. Capitolul se încheie cu prezentarea unor exemple de calcul.

Capitolul 5 se ocupă de gestiunea automată a combustibilului (asistată de calculator), care are în vedere în special întreprinderile economice unde au loc procese cu consum de energie primară (combustibil), dintre acestea făcînd parte și întreprinderile de transport. În cadrul problematicii acestui capitol sînt prezentate : fișiere pentru gestiunea combustibilului, codificarea și culegerea datelor, exploatarea fișierelor, programe de prelucrare și modele pentru minimizarea consumului de combustibil.

Capitolul 6 tratează problema de mare actualitate a utilizării calculatoarelor de proces pentru optimizarea bilanțurilor energetice : sisteme de echipamente (configurația și caracteristicile calculatoarelor de proces, dispozitive periferice, sistemul de intrare/ieșire), sisteme de programe (sisteme de operare, programe de aplicație, limbaje de programare).

Trecerea în revistă a conținutului cărții la care ne referim relevă faptul că aceasta este utilă pentru domeniul energeticii industriale, abordînd un domeniu de mare actualitate privind acțiunea continuă de raționalizare a consumului de energie și combustibili.

Concepută și redactată ca un îndrumar practic, lucrarea se ocupă de una dintre metodele cele mai eficiente privind realizarea unei gospodăriri raționale a resurselor energetice puse la dispoziția întreprinderilor industriale : metoda bilanțului energetic.

Abordarea întocmirii și optimizării bilanțurilor energetice la consumatorii industriali cu ajutorul tehnicilor moderne de prelucrare automată a datelor constituie un aport deosebit în acțiunea de realizare a sistemului informatic unic al întreprinderilor industriale. În acest sens în conținutul cărții își găsesc loc numeroase exemple practice de calcul.

Ultimele două capitole, așa cum s-a arătat, inițiază pe cititor în domeniul gestiunii automate a combustibilului și, respectiv, în domeniul utilizării calculatoarelor de proces pentru optimizarea în timp real a bilanțurilor energetice.

Scrisă cu grijă permanentă pentru cei ce o vor utiliza, cartea prof. dr. ing. I. Dumitrescu și colectiv reprezintă un valoros instrument de lucru pentru colectivele complexe de întocmire a bilanțurilor energetice din întreprinderile industriale : energeticieni, tehnologi, economiști, informaticieni etc.

Mai mult decît atit, cartea, ocupîndu-se de prelucrarea automată a datelor pentru întocmirea bilanțurilor energetice, oferă cititorului materialul necesar pentru colaborarea în domeniul proiectării, implementării și exploatării unui sistem informatic referitor la activitatea energetică a întreprinderilor industriale.

Desigur, cartea nu este exhaustivă în privința subiectului tratat. Avem în vedere în acest sens multitudinea modelelor, algoritmelor și programelor ce pot fi concepute în domeniul optimizării gospodăriei energetice a întreprinderilor industriale.

La o eventuală nouă ediție a lucrării, considerăm ca necesară includerea unui capitol care să trateze problema gospodăririi raționale, sub aspectul consumurilor energetice, al surselor proprii de energie pe care le posedă unele întreprinderi pentru acoperirea consumului preferențial.

Un aspect esențial legat de gospodărirea judicioasă a energiei în scopuri industriale este cel legat de optimizarea regimurilor de funcționare a mașinilor și agregatelor.

În acest sens o preocupare de bază a energeticienilor rămîne cea legată de aplatisarea curbelor de sarcină zilnice și, respectiv, a compensării energiei reactive. Aceste aspecte ar putea să-și găsească loc mai amplu într-un asemenea îndrumar.

Fără îndoială că cele mai sus arătate nu diminuează valoarea cărții, ea fiind deocamdată unica lucrare în literatura noastră de specialitate care abordează într-o viziune modernă, sistemică, problematica bilanțurilor energetice din întreprinderile industriale.

Utilizarea cărții de către specialiști în activitatea practică va aduce, desigur, în prim plan îmbunătățiri ce ar putea fi făcute într-o eventuală nouă ediție.

Ing. **Romulus Sfichi**

MOHAN MUNASINGHE. **The Economics of Power System Reliability and Planning** (Probleme economice ale fiabilității și planificării sistemelor electroenergetice). The Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1979, 323 p.

Lucrarea reprezintă o publicație a Băncii Mondiale (World Bank), elaborată în efortul de finanțare eficientă a programelor de dezvoltare a sistemelor naționale electroenergetice pentru țările în curs de dezvoltare. Ea cuprinde un număr de 13 capitole și 6 anexe, un glosar de termene și bibliografia aferentă lucrării.

Așa cum arată autorul, „principiul economic dezvoltat în cadrul studiului constă în planificarea sistemelor electroenergetice pentru a minimiza costurile totale pentru societate". Pe de altă parte, în cadrul acestui studiu se evidențiază conexiunile multiple care există între diversele aspecte ale economiei energiei electrice (de exemplu : costuri marginale, niveluri optimale de fiabilitate) și planificarea sistemelor electroenergetice. Se prezintă, de asemenea, un amplu studiu de caz pentru orașul Cascavel din Brazilia.

În capitolul 1 se prezintă succint premisele metodologice expuse în cadrul lucrării, precum și concluziile obținute prin elaborarea unui studiu de caz într-o țară în curs de dezvoltare — Brazilia.

Capitolul 2 face o introducere în problematica fiabilității sistemelor electroenergetice și prezintă de asemenea criterii economice adecvate, insistînd în special asupra necesității elaborării studiilor de tip cost-beneficiu.

În capitolul 3 se prezintă un model de calcul pentru optimizarea siguranței în funcționare și a securității sistemelor electroenergetice. În scopul optimizării se identifică acel program de dezvoltare de sistem electroenergetic care minimizează cheltuielile totale aferente sistemului, cît și cheltuielile datorate indisponibilității acestuia pe perioada de planificare.

În lucrare se utilizează în mod extins termenul de daună economică (outage cost), care include toate costurile economice suferite de societate cînd sursa de energie nu este perfect fiabilă sau cînd nu se așteaptă ca aceasta să fie perfect fiabilă. În cadrul capitolului următor se prezintă tipurile de daune economice specifice în energetică, cît și problematica generală asociată cu estimarea acestora.

Sînt discutate pe rînd, în cadrul capitolului, natura daunelor economice și metode specifice de estimare a acestora.

În capitolele următoare sînt analizate, pe rînd, daunele economice aferente zonelor rezidențiale (capitolul 5), industriale (capitolul 6), cît și ale altor utilizatori, ca, spre exemplu, cei comerciali, iluminatul public, instituții speciale, precum și ultizatorii rurali (capitolul 7). Pentru fiecare dintre cazurile analizate sînt elaborate fundamente teoretice corespunzătoare domeniului de studiu.

Capitolul 8, intitulat „Dezvoltarea sistemului electroenergetic și costurile de asigurare", investighează problema deciziilor de investiție, prognoza necesarului de energie, proiectarea și dezvoltarea sistemelor electroenergetice, costuri. Se evidențiază că procesul dezvoltării sistemelor trebuie să se realizeze într-un mod integral prin împărțirea inițială a sistemului în părți componente și ulterior utilizînd modele ierarhice de analiză. Modelele de cost urmează să joace un rol important în proiectarea și planificarea dezvoltării sistemelor electroenergetice.

Capitolul 9 analizează problema utilizării prețurilor-umbră (shadow-prices) în analiza sectorului elecroenergetic. Se evidențiază rolul acestora în studiul de tip cost-beneficiu asociat sistemelor electroenergetice, precum și limitele aplicării riguroase în studiul real al acestor sisteme.

În partea a II-a a cărții, autorul introduce un studiu de caz complex pentru Brazilia, utilizînd fundamentele teoretice prezentate în prima parte a lucrării. Consumatorii au fost împărțiți în categoriile : industrie, consum rezidențial, comercial, iluminat public, instituții speciale (spitale și școli).

În capitolul 11 se dezvoltă alternative de sisteme electroenergetice capabile să realizeze diverse niveluri de fiabilitate. Sînt prezentate soluții concrete de proiectare.

În capitolul 12 sînt analizate daunele economice asociate consumatorilor industriali și rezidențiali.

În ultimul capitol al cărții se analizează și se compară costurile diferitelor sisteme de distribuție a energiei electrice și daunele asociate pe care ar urma să le suporte consumatorii relativ la o anume topologie de sistem electric.

În Anexa A sînt prezentate bazele conceptuale ale modelării siguranței în funcționare a sistemelor tehnice. Anexa B elucidează noțiunea de preț-umbră, iar în următoarea anexă sînt prezentate modele pentru prognoza necesarului de energie și a vîrfului de putere.

Anexa D prezintă modele de calcul pentru evaluarea daunelor și, în final, în ultima anexă cititorului îi sînt prezentate studii comparative privind subiectul tratat în lucrare.

Cartea reușește să realizeze un studiu unitar tehnico-economic în legătură cu fiabilitatea și dezvoltarea sistemelor electroenergetice. Autorul folosește modele originale de calcul, iar studiul de caz prezentat conferă o largă aplicabilitate a lucrării.

Problematica tratată este rezolvată la un înalt nivel teoretic și practic.

Cartea se adresează inginerilor, economiștilor, studenților și tuturor celor interesați în aplicarea domeniului nou cunoscut sub numele de ingineria sistemelor.

Dr. ing. **Adrian Gheorghe**

Ing. Ioan Hațegan: 45 de ani de activitate în slujba energeticii românești

Este greu de sintetizat în cîteva cuvinte activitatea de 45 de ani a unui specialist din domeniul atît de dinamic și complex al energeticii, mai ales atunci cînd această activitate îmbrățișează toate momentele-cheie ale revoluției tehnico-științifice în acest domeniu, cînd fiecare treaptă a afirmării profesionale este condiționată și subordonată rezolvării unei stringente necesități colective — formarea și dezvoltarea sistemului energetic național.

Drumul în meserie al tovarășului Ioan Hațegan, început la 14 ani ca simplu ucenic, parcurgînd succesiv treptele de muncitor, maistru, inginer și inginer-șef, încununat în pragul pensionării de calitatea de cercetător științific, reputat și recunoscut în cadrul sectorului energetic, prefigurează drumul energeticii românești de la acei cîțiva MW instalați existenți înainte de război, la cei aproape 15 000 MW de astăzi, de la minusculele grupuri de 2—3 MW, la uriașii de 330 MW, care dau certitudine existenței industriale a României noi, — iar toate acestea reprezintă drumul în viață al unui om format în anii socialismului, implicat cu toată ființa în problematica făuririi societății noastre.

Muncitor de nădejde, maistru foarte bine pregătit, inginer specialist în domeniul său — sînt coordonate ilustrînd permanenta dorință de cunoaștere, de perfecționare a muncii depuse, caracteristici esențiale ale tovarășului Ioan Hațegan. Conducerea întreprinderii „Energoreparații", întreprindere de care își leagă activitatea timp de aproape 20 de ani, menționa într-o caracterizare următoarele cu privire la ing. Hațegan :

„În activitatea sa, este apreciat ca un cadru cu o foarte bună pregătire profesională, posedă o îndelungată experiență practică în domeniul generatoarelor de mare putere, fiind considerat unul dintre cei mai buni specialiști ai întreprinderii, care au adus o contribuție deosebită sistemului energetic național. Muncește cu abnegație, depunînd eforturi susținute zile și nopți, fiind alături de echipele de intervenție la avariile din centralele electrice, elaborînd soluții tehnice originale de punere în funcțiune în termene cît mai scurte a acestor agregate, contribuind efectiv la depășirea planului de producție, fiind deosebit de util în sistemul energetic. Atacă cu curaj probleme tehnice de mare complexitate, obținînd rezultate dintre cele mai bune și economii de ordinul milioanelor prin inovațiile realizate la montarea și punerea în funcțiune a generatoarelor de mare putere".

Aprecierile călduroase menționate au darul să emoționeze, dar parcă mai emoționante sînt mărturiile materiale ale activității tov. Hațegan, acele multe generatoare din sistem de diferite tipuri și puteri unitare, care îi datorează punerea lor în funcțiune, modernizarea și repararea în caz de avarie.

În centrale ca : Bicaz, Rîmnicu Vîlcea, Paroșeni, Ișalnița, Mintia, Rovinari, Porțile de Fier, pretutindeni numele tov. Hațegan este sinonim atît cu soluții tehnice de depanări operative și economice, dar și cu munca cîte o dată de artizan, efectuată nemijlocit, cu acea muncă fizică pe care unii ingineri nu o consideră că aparține meseriei pe care o practică.

Accastă împletire a muncii de concepție cu cea de execuție, atît de proprie tov. Hațegan, constituie motivația rezultatelor deosebite obținute, constituie crezul său tehnic pe care s-a străduit să-l transmită și colegilor mai tineri. Pentru că întotdeauna a avut în preajma sa ucenici într-ale meseriei, care și-au sporit îndemînarea și cunoștințele nemijlocit și ca urmare a acestui contact.

Spirit novator prin formație, tov. Hațegan și-a dezvăluit această latură a caracterului său și în perioada de după 1975, de cînd lucrează la ICEMENERG. Ani de deplină maturitate tehnică și științifică, acești ani au fost marcați de elaborarea, împreună cu colectivul pe care îl conduce, a unui sistem de izolație termorigidă cu performanțe la nivelul izolațiilor de tip ISOTENAX, cu care deja au fost reizolate un număr de patru generatoare din sistem.

Folosind în exclusivitate materiale românești, procedeul propus reprezintă o soluție tehnică de vîrf, fiind în același timp și foarte economic în depanarea și modernizarea generatoarelor de mare putere.

Aceste realizări, obținute pe de o parte prin valorificarea și sintetizarea experienței bogate dobîndite în îndelungata sa activitate inginerească, iar pe de altă parte printr-un efort migălos și uriaș de documentare, cercetare, experimentare, l-au consacrat definitiv pe tov. Hațegan ca pe un tehnolog desăvîrșit cu care colaborează fructuos întreprinderi renumite în tehnologia construcției de mașini electrice, ca IMGB și Reșița.

Dedicîndu-se cu egală dăruire pentru rezolvarea unor probleme imediate, practice, de mai mică amplitudine, survenite în activitatea sa, ing. Hațegan a dovedit că este același om pasionat de meserie, același spirit de largă suprafață. Merită amintite în acest context cele două inovații ale sale : „Clește electric pentru lipituri tari la barele subțiri de cupru" și „Modificarea la bobinajul de înaltă tensiune de 110 kV al trafo tip VEM și schimbarea sistemului de bobinaj la bobinele de 110 kV de la trafo VEM de 20 MVA".

Adăugînd la cele menționate reputația sa de principal specialist al M.E.E. în probleme de generatoare de mare putere, avem o imagine aproape completă a ceea ce reprezintă Ioan Hațegan — inginerul și cercetătorul.

Deschizător de drum în multe probleme tehnice ale reparațiilor la generatoarele de mare putere, promotor de direcții noi de cercetare în problemele delicate ale tehnologiilor de fabricație a acestora, om al marilor răspunderi și inițiative, prin excelență animat de un puternic simț al datoriei, comunist exemplar în gîndire și prin fapte, tov. Hațegan constituie un exemplu de dăruire, de sacrificiu personal, pentru progresul tehnicii românești.

Calm și răbdător, om cu energie și mare putere de muncă, bun organizator, dar și excelent executant, modest și cu mare respect pentru cuvîntul dat, bun coleg, abordînd cu tact și înțelegere relațiile cu semenii săi, formator de caractere, intransigent cu sine însuși, dar și cu ceilalți — iată pe scurt cîteva din părerile colegilor și tovarășilor săi de muncă.

Sînt calități pentru care a fost promovat în funcții de conducere tehnice sau pe linie de partid, sînt tot atîtea motive pentru care este respectat, iubit și apreciat. Meritele sale incontestabile sînt unanim recunoscute, dovadă fiind, printre altele, și faptul că este decorat cu Ordinul Muncii cl. I.

Pe acest om al muncii sîntem chemați astăzi să-l sărbătorim într-un moment mai greu pentru dînsul: momentul despărțirii de tovarășii săi de muncă, de îndepărtare de meseria pe care a slujit-o și a iubit-o cu atîta pasiune.

În acest moment, la această oră a bilanțului, cînd ceea ce trebuie luat în considerare sînt faptele, dovezile materiale ale realizărilor, ne îndeplinim plăcuta misiune ce ne revine să spunem din toată inima *că acest om și-a făcut pe deplin datoria față de societate.*

În numele Consiliului științific, al Comitetului de partid, al Comitetului sindical, în numele tuturor oamenilor muncii din institut, aducem călduroase mulțumiri tov. Hațegan pentru devotamentul cu care și-a slujit institutul și meseria, pentru exemplul viu pe care l-a constituit prezența sa în rîndurile noastre, pentru tot ceea ce a făcut pentru ridicarea prestigiului colectivului ICEMENERG.

Îl încredințăm că am fost și sîntem mîndri de a fi fost colegi cu dînsul și că ne vom strădui să nu lăsăm să se stingă torța nobilelor idealuri pe care activitatea sa a aprins-o și a întreținut-o vreme de o viață.

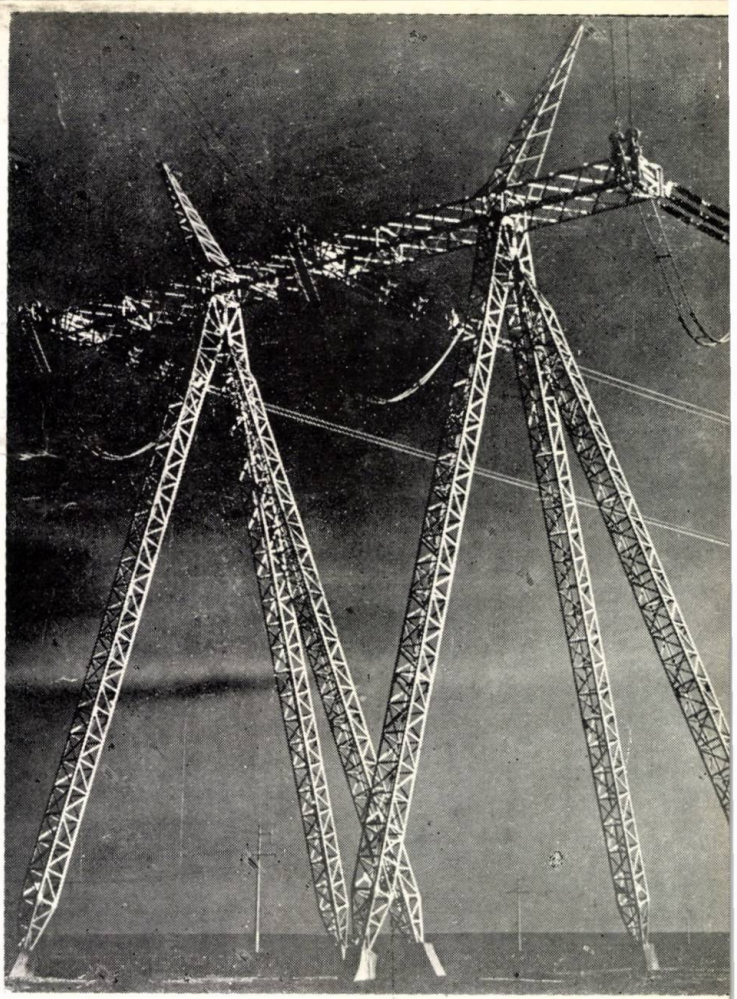
Dr. ing. *Gh. Bălan*

„Revista ENERGETICA"—organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sector 3. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamente pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R.—Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/10264/1979

I. P. I. c 2581

41 401

ROMELECTRO



ROMELECTRO - Foreign Company carries out services in the power field ranging from studies and designs up to projects commissioning ; the services are performed by the specialized units :

ISPE - The Power Study and Design Institute :

ISPH - The Hydropower Study and Design Institute ;

TCH - The Hydropower Construction Trust ;

TEC - The Energoconstrucţia Trust ;

TEnM - The Energomontaj Trust ;

TEM - The Electromontaj Trust

CIPEET - The Industrial Central for Electric and Thermal Power Generating ;

CIRE - The Industrial Central for Electric Networks ;

ICEMENERG - The Power Research and Modernization Institute ;

ICMP - The Enterprise for Metallic Construction and Prefabs.

ROMELECTRO exports :

- high, medium and low voltage lines ;
- transformer and distribution substations and posts ;
- poles and fittings for the high, medium and low voltage lines ;
- erection (civil building) and assembling of power projects carried out abroad for thermo- and hydropower stations, dams, hydrotechnical constructions etc. , export and transport of electric power ;
- studies, designs, technical assistance, expert's accounts in the power field as well as other specific engineering jobs.

Address :

1, Lacul Tei Blvd.
BUCHAREST - ROMANIA ;
P. O. Box 1-736
Phone : 12-13-28/12. 05. 51
Telex 10 4[illegible]

ROMENERGO

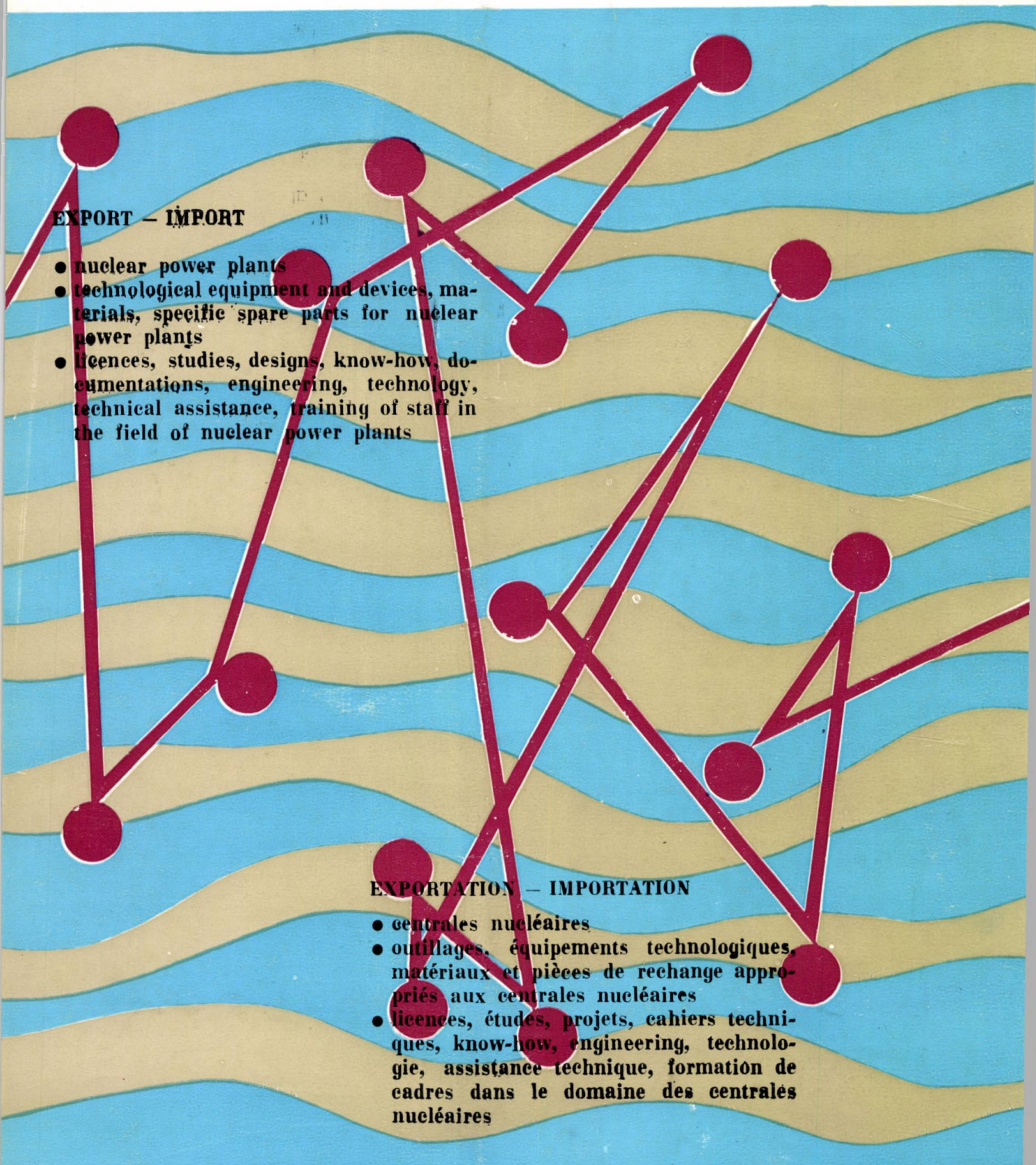
FOREIGN TRADE COMPANY

ROMÂNIA - BUCHAREST
Calea Victoriei 194 - Sector 1
CABLES:
ROMENERGO BUCUREȘTI
P.O. BOX: 22 - 153
TELEX: 011525 romeng r
POSTAL CODE: 71 101

PHONE 50 66 82

1980 NOV 15

IMPORT-EXPORT IN THE NUCLEAR FIELD



EXPORT – IMPORT

- nuclear power plants
- technological equipment and devices, materials, specific spare parts for nuclear power plants
- licences, studies, designs, know-how, documentations, engineering, technology, technical assistance, training of staff in the field of nuclear power plants

EXPORTATION – IMPORTATION

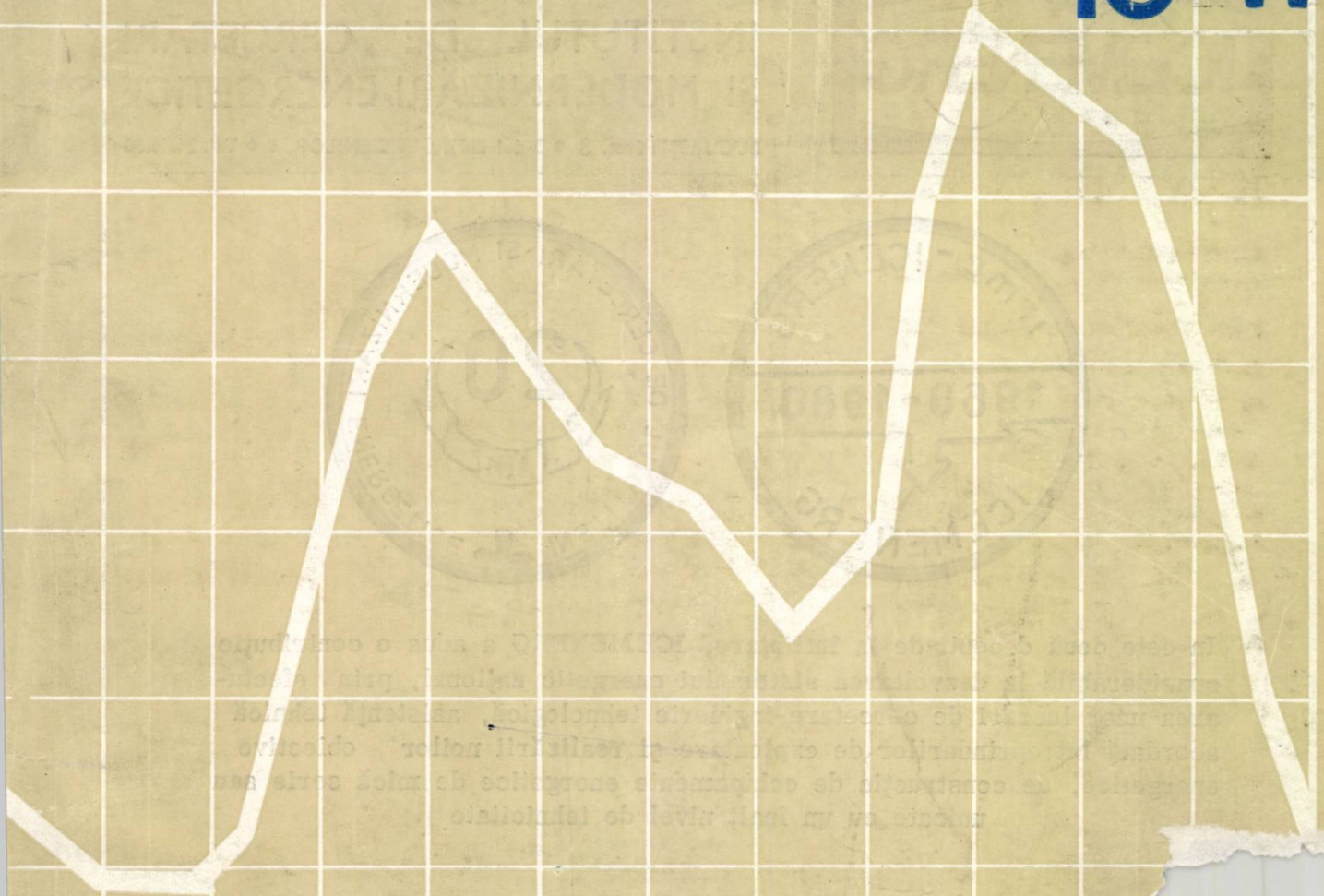
- centrales nucléaires
- outillages, équipements technologiques, matériaux et pièces de rechange appropriés aux centrales nucléaires
- licences, études, projets, cahiers techniques, know-how, engineering, technologie, assistance technique, formation de cadres dans le domaine des centrales nucléaires

E 2039

Electrotehnica
REFERATIVA
R

MW

10-11



VOLUMUL XXVIII
BUCUREŞTI
OCTOMBRIE-NOIEMBRIE 1980

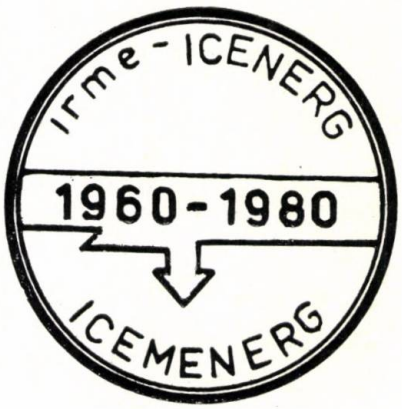
energetica

0 6 12 18 24

ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI Sect. 3 • B-dul ENERGETICIENILOR, 8 • Tel. 21.46.30



In cele două decenii de la înfiinţare, ICEMENERG a adus o contribuţie considerabilă la dezvoltarea sistemului energetic naţional, prin efectuarea unor lucrări de cercetare-inginerie tehnologică, asistenţă tehnică acordată întreprinderilor de exploatare şi realizării noilor obiective energetice, de construcţie de echipamente energetice de mică serie sau unicate cu un înalt nivel de tehnicitate.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 18

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 10—11 octombrie—noiembrie

Cuprinsul

		Pag.
	Sesiunea de comunicări tehnico-ştiinţifice "Contribuţii la dezvoltarea energeticii româneşti"	408
	Secţia I — **Gospodărirea energiei şi noi surse de energie**	
C. Mihăileanu, A. Iancu, M.G.M. Pop, Fl. Alexe şi St. Răgălie	**Dinamica raportului între ritmul de dezvoltare economică şi socială şi consumul de energie în România**	426
V. I. Nitu şi N. Bordeianu	**Metode şi principii folosite în dimensionarea sistemului electroenergetic în actualele condiţii ale balanţei energetice**	433
C. Mihăileanu, D. M. Potlog şi V. Rugină	**Mijloace de combatere a efectelor golurilor de tensiune asupra consumatorilor industriali de energie electrică**	436
	Secţia II — **Electroenergetică**	
Gh. Bălan, J. Constantinescu şi V. Neagu	**Reducerea consumului propriu tehnologic în reţeaua de transport a sistemului electroenergetic naţional prin optimizarea nivelurilor de tensiuni**	440
P. Dimo, J. Constantinescu, M. Pomârleanu, I. Radu şi I. Nicolae	**Determinarea comportării dinamice a sistemului energetic pe intervale mari de timp, urmare a unor perturbaţii succesive în sistem**	443
A. Bratu, L. Bratu, G. Mihail şi B. Popa	**Probleme actuale şi de perspectivă privind comportarea descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă la supratensiuni de comutaţie**	449
M. Crăciunescu	**Model de analiză preferenţială în microgrupuri de muncă la o electrocentrală**	453
	Secţia III — **Termoenergetică**	
G. Chercea, C. Totolo şi I. Bolma	**Modelarea fizică a proceselor de curgere în focare în scopul reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă**	457
St. Nibeleanu	**Cercetarea posibilităţii stocării cărbunilor bruţi în timp, în buncăre, la termocentrale în caz de avarie**	460
L. Turcu şi V. Grăpinoiu	**Aspecte mecano-metalurgice rezultate în urma examinării unei avarii la o conductă de abur viu**	469
I. Munteanu	**O mărime utilizabilă la identificarea inerţiei termice a instalaţiilor complexe**	473
L. Popper	**Urmărirea, analiza şi programarea activităţii de mers economic în centralele electrice de termoficare**	481
	Secţia IV — **Chimie în energetică şi protecţia mediului înconjurător**	
L. Cioroianu, V. Munteanu şi R. Şdirea	**Bile de cauciuc spongios pentru curăţirea circuitelor în vederea măririi schimbului de căldură**	486

Th. Bodu, M. Maftei, V. Neaţu şi *M. Matei* — **Posibilităţi de separare a zgurii existente în depozitele de cenuşă şi zgură ale centralelor termoelectrice prin procedeul cu ciur vibrant** 487

C. Moţiu, N. Romanof şi *R. Schmidt* — **Studiul dispersiei SO_2 în zona Centralei termoelectrice Mintia** 493

Secţia V — **Hidrotehnica în centralele electrice**

S. Ciobanu şi *C. Dumitru* — **Contribuţia cercetărilor la optimizarea tehnico-economică a turnurilor de răcire în contracurent din România** 496

Fl. Ardeleanu, A. Măruţă ş.a. — **Optimizarea funcţionării unor centrale termoelectrice care utilizează apa aceluiaşi râu** 501

Gh. Popa, C. Stoia şi *G. Stănciulescu* — **Metodă de prognoză hidro a apelor mici din sezonul cald, în bazinele amenajate hidroenergetic** 505

Secţia VI — **Automatică, informatică şi conducere în energetică**

L. Pascu şi *I. Boroş* — **Analizor de funcţii de transfer** 513

C. Berbece, L. Lupaşcu, M. Brozici şi *A. Filip* — **Supravegherea funcţionării protecţiilor tehnologice cu ajutorul unui microcalculator la un grup de 330 MW** 515

I. Cserveny, E. Urcan, Al. Blada şi *A. Simedru* — **Stabilirea funcţiilor şi configuraţiei sistemului de calcul pentru optimizarea exploatării Centralei hidroelectrice Porţile de Fier** 517

M. Duma, S. Felea ş.a. — **Programul de studii şi cercetări privind analiza şi fundamentarea unor soluţii şi caracteristici tehnice pentru sistemul teleinformatic al Dispecerului energetic naţional. Principalele rezultate şi concluzii** 518

S. Felea, Gh. Pribiag ş.a. — **Conţinutul actualului sistem de indicatori tehnico-economici, reflectat într-o bancă de date pentru activitatea de planificare la nivelul centralelor industriale din cadrul M.E.E.** 524

Revista apare sub îndrumarea Consiliului ştiinţific al Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

Сессия научно-технических сообщений «Вклад в развитие румынской энергетики» 408

Секция I — **Хозяйствоведение и новые источники энергии**

К. Михэиляну, А. Янку, М. Г. Поп и др.: **Динамика отношений между ритмом экономического и социального развития и потреблением энергии в Румынии** 426

В. И. Ниту и *Н. Бордеяну:* **Методы и принципы, используемые в определении размерности электроэнергетической системы в актуальных условиях энергэтического баланса** 433

К. Михэиляну, Д. М. Потлог и *В. Руджинэ:* **Средства борьбы с влиянием провала напряжения на промышленные потребители электроэнергии** 436

Секция II — **Электроэнергетика**

Г. Бэлан, Ж. Константинеску и *В. Нягу:* **Снижение собственного технологического потребления в сети передачи национальной электроэнергетической системы путем оптимизации уровней напряжения** 440

П. Димо, Ж. Константинеску, М. Помырлеану, И. Раду и *И. Николае:* **Определение долговременного динамического поведения энергосистемы вследствие последовательных нарушений в системе** 443

А. Брату, Л. Брату, Г. Михаил и *Б. Попа:* **Актуальные и перспективные проблемы относительно поведения вентильных разрядников на коммутационных перенапряжениях** 449

М. Крэчиуеску: **Модель преференциального анализа в трудовых бригадах, работающих на электростанции** 453

Секция III — **Теплоэнергетика**

Г. Керчеа, К. Тотоло и *И. Болма:* **Физическое моделирование процессов течения в топках в целях снижения потерь тепла путем неполного механического сжигания** 457

Шт. Нибеляну: **Исследование возможности складирования несортированного угля в бункерах на теплоэлектростанциях в случае аварий** 460

Л. Турку и *В. Грэпиоиу:* **Механические и металлические вопросы, вытекающие вследствие анализа аварий на трубопроводе острого пара** 469

И. Мунтяну: **Величина, используемая при идентификации тепловой энерции сложных установок** 473

Л. Поппэр: **Наблюдение, анализ и программирование деятельности экономического хода на ТЭЦ** 481

Секция IV — **Химия в энергетике и защите окружающей среды**

Л. Чиорояну и *В. Мунтяну:* **Резиновые шарики для очистки каналов в виду повышения теплообмена** 486

Т. Боду, М. Мафтей, В. Неацу и *М. Матей:* **Возможности отделения шлака, существующего на зольных скаладах и золы теплоэлектростанций, процессом вибрационного сита** 487

К. Моциу, Н. Романоф и *Р. Шмидт:* **Изучение рассеивания SO_2 в зоне теплоэлектростанций Минтия** 493

Секция V — **Гидротехника на электростанциях**

С. Чиобану и *К. Думитру:* **Вклад исследований в технико-экономическое оптимизирование противоточных градирен в Румынии** 496

Фл. Арделяну, П. Гицеску-Трянцэ и др.: **Оптимизация работы некоторых теплоэлектростанций, использующих воду одной и той же реки.** 501

Г. Попа, К. Стойа и *Г. Стэнчулеску:* **Метод гидропрогноза малых вод в теплое время на бассейнах, оборудованных гидроэнергетически** 505

Секция VI — **Автоматика, информатика и управление в энергетике**

Л. Паску и *И. Борош:* **Анализатор функций передачи ТФА — 7601** 513

К. Бербече, Л. Лупашку, М. Брозич и *А. Филип:* **Наблюдение за равотой технологической защиты с помощью микровычислительной машины на агрегате 330 МВт.** 515

И. Червени, Е. Уркан, Ал. Блада и *А. Симедру:* **Установление функций и конфигураций системы расчета для оптимизации эксплуатаций гидроэлектростанции Железных Ворота** 517

М. Дума, С. Феля и др.: **Программа изучений и исследований, касающаяся анализа и обоснования некоторых решений и технических характеристик для телеинформационной системы Государственно Диспетчерского Управления. Основные результаты и выводы** 518

С. Феля, Г. Прудяг и др.: **Содержание актуальной системы технико-экономических показателей, отображенных в основе данных для деятельности планирования на уровне промышленных станций в рамках Министерства Электроэнергии** 524

INHALTSVERZEICHNIS

Tagung teschnisch-wissenschaftlicher Mitteilungen: „Beiträge zur Entwicklung der rumänischen Energiewirtschaft" 408

Sektion I — **Energiewirtschaft und neue Energiequellen**

C. Mihăileanu, A. Iancu, M.G. Pop u.a.: **Die Dynamik der Beziehung zwischen dem ökonomischen und sozialen Entwicklungsrythmus und dem Energieverbrauch in Rumänien** 426

V. I. Nitu und *N. Bordeianu:* **Methoden und Prinzipien zur Dimensionierung des Elektroenergiesystems unter dem gegenwärtigen Stand der Energiebilanz** 433

C. Mihăileanu, D. M. Potlog und *V. Ruginã:* **Einige Mittel zur Bekämpfung der Auswirkungen von Spannungsunterbrechungen auf die industriellen Elektroenergieverbraucher** 436

Sektion II — **Elektroenergie**

Gh. Bălan, J. Constantinescu und *V. Neagu:* **Herabsetzung des technologischen Energieverbrauchs in dem Übertragungsnetz des rumänischen Elektroenergiesystems durch die Optimierung der Spannungsniveaus** 440

P. Dimo, M. Pomârleanu, I. Radu und *I. Nicolae:* **Die Bestimmung des dynamischen Langzeitverhaltens des Energiesystems, als Folge einiger nacheinanderfolgender Störungen des Systems** 443

A. Bratu, L. Bratu, G. Mihail und *B. Popa:* **Aktuelle und Zukunftsfragen über das Verhalten der Drehwiderstandsableiter ber Schaltüberspannungen** 449

M. Crăciunescu: **Vorzugsanalysenmodell auf Arbeitsuntergruppen in einem Kraftwerk** 453

Sektion III — **Wärmeenergie**

G. Chercea, C. Tololo und *I. Bolma:* **Die physikalische Modellierung der Störungsprozesse in den Feuerungen zwecks Herabsetzung der durch mechanisch unvollständiger Verbrennung hervorgerufener Wärmeverluste** 457

St. Nibeleanu: **Forschungen über die Langzeitlagerung von Rohkohle in Bunkern während Betriebsstörungen bei Wärmekraftwerken** 460

L. Turcu und *V. Grăpinoiu:* **Mechanisch-metallurgische Aspekte der Abschätzung einer Betriebsstörung bei einer Frischdampfleitung** 469

I. Munteanu: **Eine bei der Identifizierung der Wärmeträgheit komplexer Anlagen anwendbare Grösse** 473

L. Popper: **Die Überwachung, Analyse und Programmierung des wirtschaftlichen Betriebes der Heizkraftwerke** 481

Sektion IV — **Chemie in der Energiewirtschaft und Umweltschutz**

L. Cioroianu und *V. Munteanu:* **Schwammige Gummikugel zur Reinigung der Kreisläufe zwekes Erhöhung des Wärmeaustausches** 486

Th. Bodu, M. Maftei, V. Neaţu und *M. Matei:* **Absonderungsmöglichkeiten der Schlacke aus den Asche- und Schlackelagerungen der Wärmekraftwerke durch Schlagsiebe** 487

C. Moţiu, N. Romanof und *R. Schmidt:* **Studium der SO_2-Dispersion beim Wärmekraftwerk Mintia** 493

Sektion V — **Hydrotechnik in Elektroenergiekraftwerke**

S. Ciobanu und *C. Dumitru:* **Beitrag durch Studien zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung der Gegenstromkühltürmen aus Rumänien** 496

Fl. Ardeleanu, P. Ghiţescu-Treanţă u.a.: **Optimierung des Betriebs einiger Wärmekraftwerke, die das Wasser desselben Flusses verwenden** 501

Gh. Popa, C. Stoia und *G. Stănciulescu:* **Methode zur Hydroprognosis kleiner Gewässer während der warmen Jahreszeit bei hydroenergetisch angebauten Becken** 505

Sektion VI — **Automatisierung, Datenverarbeitung und Leitung in der Energiewirtschaft**

L. Pascu und *I. Boroş:* **Übertragungsfunktionsanalysator TFA-7601** 513

C. Berbece, I. Lupaşcu, M. Brozici und *A. Filip:* **Betriebsüberwachung der technologischen Schutzeinrichtungen mit einem Mikrocomputer bei einem 330 MW-Block** 515

I. Cserveny, E. Urcan, Al. Blada und *A. Simedru:* **Bestimmung der Funktionen und der Konfiguration des Betriebes des Wasserkraftwerkes „Eisernes Tor"** 517

M. Duma, S. Felea u.a.: **Studien- und Forschungsprogramm zur Analyse und Begründung einiger technischen Lösungen und Charakteristiken für das Fernnachrichtensystem des Lastverteilers. Hauptergebnisse und Schlussfolgerungen** 518

S. Felea, Gh. Pribiag u.a.: **Der Inhalt des gegenwärtigen Systems technisch-wirtschaftlicher Kennwerte, reflektiert in einer Datenbasis für die Planungstätigkeit der Industriezentralen des Ministeriums für Elektroenergie** 524

SOMMAIRE

La Session technique-scientifique „Contributions au développement de l'énergétique roumaine", 408

Section I — **L'économie d'énergie et nouvelles sources d'énergie**

C. Mihăileanu, A. Iancu, M.G.M. Pop, Fl. Alexe et *S. Răgălie:* **Dynamique du rapport entre le rythme de développement économique et social et la consommation d'énergie en Roumanie** 426

V. I. Nitu et *N. Bordeianu:* **Méthodes et principes utilisés au dimensionnement du système électro-énergétique dans les conditions actuelles de la balance énergétique** 433

C. Mihăileanu, D. M. Potlog et *V. Ruginâ:* **Moyens pour combattre les effets des creux de tension sur les usagers industriels d'énergie électrique** 436

Section II — **Electro-énergétique**

Gh. Bălan, J. Constantinescu et *V. Neagu:* **Diminution de la consommation technologique dans le réseau de transmission du système énergétique national par l'optimisation des niveaux de tensions** 440

P. Dimo, J. Constantinescu, M. Pomârleanu, I. Radu et *I. Nicolae:* **Détermination du comportement dynamique du système énergétique pendant de longues intervalles de temps — conséquence des perturbations succesives dans le système** 443

A. Bratu, L. Bratu, G. Mihail et *B. Popa:* **Problèmes actuels et de perspective concernant le comportement des déchargeurs à résistance variable aux surtensions de commutation** 449

M. Crăciunescu: **Modèle d'analyse préférentielle dans les micro-groupes de travail d'une centrale electrique** 453

Section II — **Thermo-énergétique**

G. Chercea, C. Totolo et *I. Bolma :* **Simulation physique des processus d'écoulement dans les chambres de combustion en vue de diminuer les pertes de chaleur lors de la combustion mécanique incomplète** 457

St. Nibeleanu : **Recherche de la possibilité de stockage des charbons tout-venants dans les silos à charbon des centrales thermiques en cas d'avarie** 460

L. Turcu et *V. Grăpinoiu :* **Aspects mécano-métallurgiques résultés à la suite de l'analyse concernant l'avarie d'une conduite à vapeur fraîche** 469

I. Munteanu : **Une grandeur utilisable à l'identification de l'inertie thermique des installations complexes** 473

Section V — **La chimie dans l'énergétique et la protection de l'environnement**

L. Popper : **La surveillance, l'analyse et la programmation de l'activité économique dans une centrale thermique** 481

L. Cioroianu, V. Munteanu et *R. Ştirea :* **Billes en caoutchouc cellulaire mousse utilisées pour le nettoyage des circuits, en vue d'augmenter l'échange de chaleur** 486

Th. Bodu, M. Maftei, V. Neaţu et *M. Matei :* **Possibilités de séparation du laitier existant dans les dépôts de cendre et de laitier dans les centrales thermiques, à l'aide du vibrotamis** 487

C. Moţiu, N. Romanof et *R. Schmidt :* **Etude de la diffusion du SO_2 dans la zone de la centrale thermique de Mintia** 493

Section V — **La hydrotechnique dans les centrales électriques**

S. Ciobanu et *C. Dumitru :* **Contribution des recherches roumaines à l'optimisation technique et économique des tours de réfrigération en contre-courant** 496

Fl. Ardeleanu, P. Ghiţescu-Treanţă et *A. Măruţă :* **Optimisation du fonctionnement de quelques centrales thermiques qui utilisent le même cours d'eau** 501

Gh. Popa, C. Stoia et *G. Stănciulescu :* **Méthode de prognose hydro des cours d'eau petits dans la saison chaude, dans les bassins des aménagements hydroénergétiques** 505

Section VI — **Automatique, informatique et management en énergétique**

L. Pascu et *I. Boroş :* **Appareil d'analyse des fonctions de transfert TFA-7601** 513

C. Berbece, L. Lupaşcu, M. Brozici et *A. Filip :* **La surveillance du fonctionnement des protections technologiques à l'aide d'un microcalculateur pour une tranche de 330 MW** 515

I. Cserveny, E. Urcan, Al. Blada et *A. Simedru :* **Détermination des fonctions et de la configuration du système de calcul en vue d'optimiser le fonctionnement de la centrale hydro-électrique de Portes de Fer** 517

M. Duma, S. Felea, A. Emanoil et a. *:* **Le programme d'études et recherches concernant l'analyse et l'établissement des solutions et caractéristiques techniques pour le système téléinformatique du Dispatcher énergétique national** 518

S. Felea, Gh. Pribiag, M. Cuciureanu et a. *:* **Le contenu du système actuel des indicateurs techniques et économiques reflété dans une base de données pour l'activité de planification au niveau des centrales industrielles du Ministère de l'Energie Electrique** 524

CONTENTS

Scientifical and technical Session : „Contributions to the Development of Romanian Energetics" 408

Section 1 — **Energy Management and New Energy Sources**

C. Mihăileanu, A. Iancu, M.G.M. Pop, Fl. Alexe and *St. Răgălie :* **Dynamics of the ratio between the economic and social development and the energy consumption in Romania** 426

V. I. Niţu and *N. Bordeianu :* **Methods and principles applied in the dimensioning of the power system under the present conditions of the energy balance** 433

C. Mihăileanu, D.M. Potlog and *V. Ruginâ :* **Means of avoiding voltage gaps effects on industrial electricity consumers** 436

Section II — **Electric Energy**

Gh. Bălan, J. Constantinescu, V. Neagu : **Reducing the technological eigenconsumption in the distribution network of the Romanian electricity network by optimizing the voltage levels** 440

P. Dimo, M. Pomârleanu, I. Radu and *I. Nicolae :* **Long range dynamic behaviour determination of the energy system, as a result of successive system disturbance** 443

A. Bratu, L. Bratu, G. Mihail and *B. Popa :* **Present and future problems regarding the behaviour of variable resistance dischargers during switching overvoltages** 449

M. Crăciunescu : **Preferential analysis model for micro-groups at a power plant** 453

Section III — **Thermal Energy**

G. Chercea, C. Totolo and *I. Bolma :* **Physical modelling of burner flow processes for reducing heat losses due to mechanical partial burning** 457

St. Nibeleanu : **Study of long range raw coal bunker storage possibilities during plant failures** 460

L. Turcu and *V. Grăpinoiu :* **Mechanic and metallurgic aspects of a live steam pipe failure** 469

I. Munteanu : **A value used for the identification of the thermal inertia of complex installations** 473

L. Popper : **Survey, analysis and programming of the economic operation in the thermal power plants** 481

Section IV — **Chemistry in Energetics and Environmental Protection**

L. Cioroianu and *V. Munteanu :* **Spongy rubber balls for circuit cleaning to enhance heat exchange** 486

Th. Bodu, M. Maftei, V. Neaţu and *M. Matei :* **Separation possibilities with vibrating sieves of the slag in ash and slag storages of thermal power plants** 487

C. Moțiu, N. Romanof and *R. Schmidt:* **SO_2-dispersion around the thermal power plant Mintia** 493

Section V — **Hydrotechnics in Electric Power Plants**

S. Ciobanu and *C. Dumitru:* **Contributions of researches to the technic and economic optimization of counterflow cooling towers in Romania** 496

Fl. Ardeleanu, P. Ghițescu-Treanță a.o.: **Operation optimization of thermal power plants using the waters of one river** 501

Gh. Popa, C. Stoia and *G. Stănciulescu:* **Hydroprognosis method of small rivers during hot seasons, in hydropower areas** 505

Section VI — **Automatics, Informatics and Management in Energetics**

L. Pascu and *I. Boroș:* **Transfer functions analyser TFA 7601** 513

C. Berbece, I. Lupașcu, M. Brozici and *A. Filip:* **Microcomputer control of technological protection operation of a 330 MW unit** 515

I. Cserveny, E. Urcan, Al. Blada and *A. Simedru:* **Establishing of function and configuration of a calculation system for the hydropower plant Iron Gates operation optimization** 517

M. Duma, S. Felea a.o.: **Researches and studies program for the analysis and substantation of technical solutions and characteristics for the teleinformatic system of the Romanian power dispatcher. Main results and conclusions** 518

S. Felea, Gh. Pribiag a.o.: **The content of the present system of technic and economic indicators reflected in a data base for the planning activity of the industrial centrals of the Ministry of Electric Energy** 524

„Revista ENERGETICA"—organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sector 3. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamente pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R.—Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/7914/1979

I. P. I. c 2717

41 401

Abonaţi-vă la

Revista ENERGETICA!

CERERE DE ABONAMENT PERSONAL LA REVISTA „ENERGETICA"

Subsemnatul . . . . . din. întrepr. . . . . solicit un abonament pe anul 1981 la revista „Energetica", care va fi expediat pe numele subsemnatului, la adresa : localitatea . . . . . .str. . . . . nr. . . . .bl. . . .sc. . . .et. . . .ap. sect. . . . .cod. . .judeţ . . . . .

C/v abonamentului (30 lei) am achitat-o în contul 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti, ICEMENERG, prin m.p.nr. . . . din . . .sau la casieria ICEMENERG cu chit. nr. . . . . .din . . . . . .

Data . . . . . Semnătura . . . . . .

CERERE DE ABONAMENT PENTRU ÎNTREPRINDERE LA REVISTA „ENERGETICA"

Întrepr. . . . . .din . . . . . str. . . . . .nr. . . . . .sect. . . .cod . . . . jud. . . . . solicită un abonament pe anul 1981 la revista „Energetica".

C/v abonamentului (100 lei) s-a achitat cu m.p.nr. . . . . .din . . . către ICEMENERG cont. 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti

DIRECTOR, CONTABIL-ŞEF, Data

Telegrama adresată tovarășului Nicolae Ceaușescu de participanții la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICEMENERG

Tovarășului NICOLAE CEAUȘESCU, secretar general al Partidului Comunist Român, președintele Republicii Socialiste România

Mult stimate și iubite tovarășe Nicolae Ceaușescu!

În perspectiva celor 15 ani de istorie nouă, revoluționară, care s-au scurs de la Congresul al IX-lea, cînd dumneavoastră, stimate tovarășe Nicolae Ceaușescu — cel mai iubit fiu al poporului nostru — ați fost învestit în cea mai înaltă funcție de conducere în partid, participanții la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice cu tema „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești", organizată de Institutul de cercetări și modernizări energetice, își exprimă adînca lor recunoștință și profunda satisfacție pentru atenția și grija permanentă pe care o purtați progresului continuu al forțelor de producție în patria noastră, ramurii energiei, în cadrul căreia activăm.

În lumina orientărilor de mare profunzime analitică, științifică, realistă, cuprinse în magistralele cuvîntări rostite la Consfătuirea de lucru din 29—30 mai de la C.C. al P.C.R. și ședința plenară lărgită a Consiliului Național al Oamenilor Muncii din 13 iunie a.c., sesiunea noastră își propune să analizeze și să dezbată într-un spirit critic, revoluționar și științific rezultatele obținute în cele două decenii de activitate de cercetare energetică departamentală organizată în țara noastră.

Pe deplin conștienți de însemnătatea și semnificațiile majore pe care le au pentru întreaga noastră activitate pe tărîm energetic prețioasele dumneavoastră indicații, energeticienii din țara noastră sînt ferm hotărîți să transpună în viață obiectivele prevăzute în „Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000", privind valorificarea integrală a potențialului hidroenergetic al țării, extinderea utilizării cărbunilor și șisturilor în centralele termoelectrice, valorificarea surselor noi de energie și a tehnologiilor noi, creșterea siguranței în funcționare a sistemului energetic național, reducerea consumurilor proprii tehnologice în producerea, transportul și distribuția energiei electrice și termice.

Ne angajăm plenar, mult stimate și iubite tovarășe Nicolae Ceaușescu, să acționăm cu întreaga noastră capacitate de muncă și creație pentru înfăptuirea neabătută a sarcinilor ce ne revin din documentele Congresului al XII-lea, a indicațiilor dumneavoastră, pentru asigurarea progresului continuu al energeticii românești, pentru ridicarea scumpei noastre patrii pe noi culmi ale civilizației și progresului, de înaintare spre comunism.

Secretarul Comitetului P.C.R.,
Virgil Anghelescu

Director,
Călin Mihăileanu

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești"

— București, 26-28 iunie 1980 —

Printre manifestările științifice consacrate energeticii care au avut loc în ultima perioadă, un moment deosebit l-a constituit sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICEMENERG cu tema „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești".

Organizată în zilele de 26—28 iunie 1980, din inițiativa Comitetului de partid și a conducerii Institutului de cercetări și modernizări energetice din București, sesiunea a avut, pe lîngă o ținută de înalt nivel științific, și un caracter jubiliar, marcînd împlinirea a 20 de ani de activitate de cercetare departamentală organizată.

Deschiderea festivă a lucrărilor sesiunii a avut loc în ziua de 26 iunie 1980 la Sala Mică a Palatului R.S.R., în prezența unui mare număr de delegați și invitați din unitățile Ministerului Energiei Electrice, din institutele de învățămînt superior, din alte institute de cercetare și proiectare, precum și din unități economice cu care ICEMENERG are relații de colaborare.

Atît ședința festivă de deschidere, prezidată de ing. Al. Dobrișan, adjunct al ministrului energiei electrice, cît și lucrările pe secții s-au bucurat de larga participare a unor personalități de seamă din activitatea de cercetare și proiectare în domeniul energeticii și din învățămîntul superior din întreaga țară.

De asemenea, festivitatea de deschidere a sesiunii a fost onorată de prezența tov. Mihail Florescu, ministru secretar de stat, care a transmis oamenilor muncii din ICEMENERG și participanților la sesiune mesajul conducerii superioare de partid și de stat, precum și al conducerii Consiliului Național de Știință și Tehnologie.

Mesajul Comitetului de partid al Sectorului 3 a fost rostit de tov. secretar Galaction Vlase, care, în cuvîntul său, a evidențiat rezultatele remarcabile obținute de harnicul și talentatul colectiv de oameni ai muncii din ICEMENERG.

Totodată, ședința festivă a prilejuit transmiterea unor cuvinte de călduroase aprecieri și urări, cu ocazia acestei aniversări, din partea colectivelor de oameni ai muncii din unitățile M.E.E., ca și din alte unități colaboratoare.

Bilanțul activității desfășurate în decursul celor 20 de ani de cercetare a fost prezentat, într-un amplu raport, de directorul institutului, conf. dr. ing. Călin Mihăileanu.

În încheierea ședinței festive de deschidere a sesiunii s-a dat citire unor vibrante cuvinte adresate, sub forma unei telegrame, tovarășului secretar general Nicolae Ceaușescu, prin care participanții la sesiune, reprezentînd energetica românească, se angajează să nu precupețească nici un efort în îndeplinirea exemplară a sarcinilor ce le revin din programaticele documente ale Congresului al XII-lea al P.C.R.

În zilele următoare deschiderii sesiunii, lucrările acesteia s-au desfășurat în cadrul a șase secții de specialitate:

Secția I — Gospodărirea energiei și noi surse de energie.

Secția II — Electroenergetică.

Secția III — Termoenergetică.

Secția IV — Chimie în energetică și protecția mediului înconjurător.

Secția V — Hidrotehnica în centralele electrice.

Secția VI — Automatică, informatică și conducere în energetică.

Rapoartele generale, comunicările, referatele și dezbaterile din cadrul celor șase secții s-au caracterizat printr-un înalt nivel științific și tehnic, relevînd pregnant preocupările și rezultatele muncii energeticienilor din țara noastră în asigurarea economiei naționale cu energia electrică necesară, în contextul crizei mondiale a energiei. S-au evidențiat, de asemenea, direcțiile prioritare de cercetare și investigare în ceea ce privește economisirea energiei, reducerea consumurilor energetice, cercetarea și valorificarea a noi surse de energie.

În zilele desfășurării lucrărilor sesiunii, în holul sediului central al ICEMENERG a fost organizată o interesantă expoziție cu cele mai recente creații ale activității institutului. Această inițiativă a dat posibilitate participanților la sesiune să cunoască direct preocupările și realizările oamenilor muncii din institut în direcția modernizării și creșterii siguranței în funcționare a sistemului electroenergetic național.

Așa după cum a reieșit și din aprecierile unanime ale participanților, sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICEMENERG a constituit o întîlnire deosebit de utilă, cu un pronunțat caracter de lucru și schimb de experiență, de fructuoase legături și confruntări de opinii între cercetătorii din ICEMENERG, cadrele didactice din învățămîntul tehnic superior, inginerii din institutele de proiectare și inginerie tehnologică și personalul tehnic din întreprinderile de centrale electrice și de rețele electrice din cadrul M.E.E.

În cuprinsul acestui număr al revistei „Energetica" sînt publicate o serie de referate prezentate la sesiune, urmînd ca, în numerele următoare, să apară și alte referate ; de asemenea publicația „Energetica-Supliment va rezerva și ea un volum special pentru lucrările acestei sesiuni.

Cuvîntul rostit la ședința de deschidere a sesiunii de ing. Al. Dobrișan,

adjunct al ministrului energiei electrice

Jubileul la care participăm astăzi reunește în această sală tot ce are mai reprezentativ marea armată a făuritorilor de energie din patria noastră, printre care un loc deosebit, reprezentat prin înaltă ținută științifică și tehnică, îl deține institutul pe al cărui drapel a înmugurit în acest an cea de-a 20-a primăvară a existenței sale, ICEMENERG.

În două decenii, cei puțini aleși cu care a luat ființă întreprinderea IRME, însușindu-și cu matură responsabilitate sarcinile trasate ca o viziune luminoasă a viitorului țării de către conducerea de partid și de stat, au știut să dea viață acestor comandamente, justificînd pe deplin încrederea și cinstea ce le-a fost încredințată.

Angrenat plenar în bătălia pentru dezvoltarea sistemului energetic, alături de celelalte institute, centrale și întreprinderi din cadrul Ministerului Energiei Electrice, ICEMENERG susține cu contribuții valoroase problemele prioritare care stau în fața noastră, a tuturora.

Creșterea siguranței în exploatare, îmbunătățirea comportării echipamentului, utilizarea rațională a resurselor energetice ale țării, reducerea consumurilor specifice și materializarea programului național de realizare a economiei de combustibil se identifică cu preocupările specialiștilor din ICEMENERG.

Apreciem, de la această tribună, entuziasmul cu care s-au angrenat în problema surselor noi de energie și ne exprimăm convingerea că vor ști să sporească și pe această cale potențialul energetic al României.

Examenul de maturitate al acestui colectiv îl constituie în prezent participarea efectivă la realizarea problemelor deosebit de complexe cu care sîntem confruntați acum în bazinul energetic Turceni-Rovinari. Felicitîndu-i pentru aportul adus la verificarea, îmbunătățirea și punerea în funcțiune a schemelor de automatizare pe partea termică, care asigură parametrii de funcționare optimă, le urăm și în viitor succese asemănătoare.

Un rol important, cu pondere mare în activitatea specifică acestui institut, în care s-a acumulat o bogată și valoroasă experiență, este elaborarea și producerea de aparatură de măsură și control și de echipamente specializate necesare dotării întreprinderilor de exploatare.

Sarcina principală ce i-a fost încredințată la înființare, raționalizarea și modernizarea energeticii, este și astăzi atît un deziderat, cît și un instrument prin care parametrii de funcționare a întregului sistem energetic național trebuie să ajungă compatibili cu cele mai valoroase realizări pe plan mondial. Tiparul acestor premise se reflectă în participarea a numeroși specialiști din ICEMENERG la realizarea unor obiective energetice în străinătate și contribuția lor în cadrul unor colective specializate ale ONU.

Organizarea în ultimii ani în țara noastră a numeroase manifestări științifice internaționale, de mare prestigiu, este o consecință firească și în același timp o garanție că, urmînd calea înțeleaptă trasată de Partidul Comunist Român, politica noastră energetică reprezintă o contribuție însemnată la ridicarea continuă a nivelului de viață al tuturora și implicit un exemplu și o contribuție la consolidarea idealului mondial, Pacea.

Tovarăși,

Scrutînd trecutul, prefigurăm viitorul.

Aveți în fața dumneavoastră obiective de mare importanță. Ridicarea continuă a nivelului științific al cercetării trebuie să elaboreze soluții moderne, viabile pe termen lung, care, precedînd proiectarea, să-i ofere soluții tehnologice definitive. În acest fel, veți îndeplini cu eficiență rolul unui institut de cercetare de ramură.

Una dintre caracteristicile principale ale acestui secol este viteza. Să accelerăm ritmul cercetărilor și să reducem termenul de finalizare a rezultatelor în cadrul unităților din sistem.

Urmînd exemplul și îndemnul celui care călăuzește destinul României, detașamentul energeticienilor trebuie să pășească în primele rînduri ale celor mai devotați luptători pentru întărirea și înflorirea patriei.

Convinși că dumneavoastră veți fi și în viitor la înălțimea marilor chemări, conducerea ministerului vă felicită cu această ocazie festivă și vă urează noi succese.

20 de ani de activitate de cercetare departamentală organizată în sectorul energetic românesc

Dr. ing. **Călin Mihăileanu**, director general ICCE

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICEMENERG din acest an, care are loc odată cu împlinirea a 20 de ani de activitate, se desfășoară într-un moment de amplu și mobilizator program de acțiune, de puternic îndemn la muncă de înaltă calitate și eficiență, ce a fost trasat de secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, cu prilejul Consfătuirii de lucru din 29—30 mai a.c. de la C.C. al P.C.R., precum și la Ședința plenară lărgită a Consiliului Național al Oamenilor Muncii din zilele de 11—13 iunie a.c.

S-a reliefat, cu prilejul acestor dezbateri, că multe dintre problemele majore cu care se confruntă colectivele de oameni ai muncii în eforturile lor pentru îndeplinirea planului la toți indicatorii, pentru ridicarea calitativă a activității economice pot fi prompt soluționate, că, în ansamblu, întregii activități economice i se poate imprima un caracter mai bine organizat, mai eficient.

În ansamblul lor, orientările, sarcinile și măsurile cuprinse în cuvîntările tovarășului Nicolae Ceaușescu, la cele două consfătuiri de lucru menționate, constituie, pentru colectivele de oameni ai muncii și organizațiile de partid, o generoasă sursă de învățăminte, un amplu și mobilizator program pentru înfăptuirea sarcinilor dezvoltării economico-sociale la un nivel calitativ superior.

Și în activitatea de cercetare științifică și inginerie tehnologică, care are un rol hotărîtor în realizarea trecerii la o nouă calitate, trebuie depuse eforturi susținute pentru eficientizarea acesteia.

Forțele de cercetare trebuie să se concentreze pe problemele principale, importante. Trebuie alese, din numărul foarte mare de teme de cercetare științifică și tehnologică, acelea care au o mare însemnătate pentru perspectiva imediată și să se lase la o parte acele lucrări care pot și trebuie să fie soluționate în cadrul întreprinderilor.

Trebuie, de asemenea, să se realizeze, în condiții mai bune, legarea cercetării cu producția, pentru a asigura o soluționare mai rapidă a problemelor în strînsă concordanță cu necesitățile dezvoltării economico-sociale. Este necesar să se scurteze atît durata cercetării, cît și timpul de la realizarea cercetării pînă la introducerea ei în producție.

Toate aceste cerințe obiective devenite sarcini concrete, arătate de tovarășul secretar general, se aplică și cercetării științifice energetice, respectiv institutului nostru.

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICEMENERG este mult influențată de evenimentele menționate. De altfel, amînarea cu două săptămîni a acestei sesiuni a fost folosită pentru a o orienta mai bine în vederea rezolvării acestor importante sarcini.

Am dori să ne folosim de această sesiune de comunicări pentru a face un larg schimb de experiență, a primi sugestii, critici, contribuții de la toți specialiștii din sectorul energetic, de la beneficiarii și colaboratorii noștri, în vederea găsirii căilor celor mai bune pentru atingerea obiectivelor de mare importanță ce stau în fața întregului sector energetic.

*

Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) este organizat ca unitate integrată de cercetare, inginerie tehnologică — producție industrială și, potrivit actului său de constituire, are ca obiect de activitate cercetarea științifică în domeniul energetic și producția industrială de produse specifice sectorului energetic, fiind totodată și unitatea-pilot a institutului central de resort.

Împreună cu ISPE, ISPH, secțiile de cercetare-proiectare și atelierele de proiectare ale centralelor industriale și întreprinderilor de centrale și rețele, catedrele de profil ale institutelor de învățămînt superior din țară, constituim o importantă forță de creație pentru sectorul energetic din țara noastră.

ICEMENERG este organizat ca institut de cercetare mare, principalele sale activități fiind :

— Inițierea și elaborarea de prognoze, studii și cercetări științifice cu caracter experimental și aplicativ pentru asigurarea dezvoltării sistemului energetic național, exploatării sigure și economice a instalațiilor pentru producerea, transportul, distribuția și utilizarea energiei electrice și a căldurii produsă în termoficare.

— Efectuarea de lucrări de inginerie tehnologică pentru raționalizarea și modernizarea schemelor de funcționare a centralelor, stațiilor și rețelelor electrice în vederea creșterii eficienței exploatării acestora.

— Executarea de produse specifice sectorului energetic, pe baza rezultatelor cercetărilor proprii, precum și alte produse de serie mică și de mare tehnicitate, necesare modernizării instalațiilor energetice, a căror asimilare, în întreprinderile industriale mari din industria constructoare de mașini, nu se justifică din punct de vedere economic.

— Asigurarea asistenței tehnice întreprinderilor de exploatare pentru punerea în funcțiune și exploatarea instalațiilor energetice.

Institutul de cercetări și modernizări energetice (ICEMENERG) a fost înființat în 1974 prin fuzionarea Întreprinderii pentru raționalizarea și modernizarea instalațiilor energetice (I.R.M.E.) și a Institutului de cercetări electroenergetice și pentru termoficare (ICENERG).

I.R.M.E. a fost creată la 1 ianuarie 1960, fiind formată din circa 100 de cadre la București și circa 50 de cadre la Sibiu, provenite din unitățile de exploatare ale sectorului, cu experiență, în special în domeniul laboratoarelor de încercări și măsurători pentru partea electrică și termică. Este vorba de sectoarele de raționalizări energetice de la cele două foste Energotrusturi — București și Sibiu.

Acești specialiști au adus experiența lor din exploatare și au constituit nucleul principal pe lîngă care s-au format cadrele noi.

În anul 1967 și-a început activitatea ICENERG, ca unitate specializată de cercetare aplicativă, scopul înființării acestei unități fiind acela de a contribui, într-o măsură sporită, prin cercetări, la fundamentarea deciziilor tehnice și la intensificarea ritmului de ridicare a nivelului tehnic în sectorul energetic.

Anul acesta s-au împlinit deci *două decenii de existență a unei activități de cercetare departamentală organizată în cadrul sectorului energetic.*

O astfel de activitate a existat totuși și înainte de anul 1960. Astfel, este cazul de amintit nucleele de studii și cercetări de la cîteva întreprinderi mari de exploatare existente la începutul electrificării, dintre care sînt de menționat întreprinderile din București, Sibiu, Cîmpina, Timișoara și Iași.

Totodată trebuie menționată activitatea de cercetare științifică de înalt nivel desfășurată încă din 1949 în Institutul de energetică al Academiei R.S.R.; care însă nu era un institut de cercetări departamental, el ocupîndu-se de probleme din toate domeniile energetice. La desființarea acestuia, în anul 1970, activitatea sa a fost preluată parțial (partea de electroenergetică) de către ICENERG și, deci, de ICEMENERG în continuare.

*

Răspunzînd sarcinilor care prevăd modificări structurale majore în producerea energiei electrice și termice, cu deosebire în balanța de combustibil, sectorul de termoenergetică al institutului, prin laboratoarele de specialitate, constituie un punct fierbinte al activităților multiple desfășurate de institut. Utilizarea cărbunilor în centrale a ridicat și ridică probleme deosebite, mai ales în ceea ce privește rezolvarea corespunzătoare a arderii, a reducerii substanțiale a cantităților de hidrocarburi de suport, a îmbunătățirii constructiv-funcționale a agregatelor, a creșterii calitative a nivelului exploatării.

S-au elaborat astfel lucrări pentru determinarea caracteristicilor fizico-chimice ale cărbunilor energetici indigeni — lignit și șisturi bituminoase — care au evidențiat puterea calorică scăzută și fluctuantă în timp, conținutul ridicat de cenușă și umiditate, conținutul important de masă lemnoasă și care, totodată, au atras atenția asupra efectelor negative ce decurg din reducerea stabilității arderii și a capacității de măcinare, precum și din eroziunea provocată de cenușa foarte abrazivă conținută în cărbune.

Un pas important în creșterea stabilității arderii și reducerea pierderilor prin nearse mecanice cu circa 50% l-a constituit conceperea, proiectarea, realizarea, montarea și experimentarea unui grătar de postardere basculant la un bloc de 200 MW din centrala termoelectrică Rovinari.

În prezent este în curs de montaj încă un grătar de post-ardere basculant la un bloc de 200 MW și se experimentează în continuare un grătar de postardere rulant la un bloc de 100 MW din centrala Craiova. Menționăm că oportunitatea montării grătarelor de postardere se analizează de la caz la caz, iar pentru acele instalații de cazan la care nu se justifică o astfel de soluție se preconizează alte modalități de rezolvare, printre care reintroducerea în procesul de ardere a zgurii evacuate la pilnia rece.

Pentru aducerea instalațiilor de măcinare la capacitatea necesară asigurării debitului nominal al cazanelor din etapa I Craiova și etapa I Rovinari, s-a modificat geometria conductelor și configurația traseelor acestora.

Uzura rapidă dată de conținutul mare de cenușă din combustibil a generat preocupări intense pentru mărirea durabilității elementelor de măcinare ale morilor de cărbune și implicit a gradului lor de disponibilitate. Pe baza cercetărilor efectuate s-a pus la punct tehnologia de încărcare dură a blindajelor și ciocanelor morilor la centrala Rovinari, a fost realizat un material de adaos, sub formă de sîrmă tubulară de sudură, care a fost asimilat în fabricație la Întreprinderea de sîrmă și produse din sîrmă Buzău. Experimentările efectuate direct în exploatare au demonstrat o creștere a durabilității de 2,5—3 ori față de soluția originală și au scos în evidență comportarea superioară a materialului de adaos produs în țară față de cea a celor mai bune produse similare din străinătate, în condițiile unor costuri de circa 7 ori mai reduse.

Indisponibilitățile create la blocurile de 330 MW de erodarea prematură a ventilatoarelor de gaze au condus, practic, la conceperea unui nou produs, prin reconstruirea lagărelor, îngroșarea carcaselor, întărirea prin îngroșare a paletelor, și au scos în evidență necesitatea funcționării corespunzătoare a electrofiltrelor, demonstrată după reparațiile executate la Rovinari, și, care necesită încă eforturi de realizare, la Turceni.

S-au realizat, după concepția ICEMENERG, și se află în experimentare arzătoare de păcură cu debit redus — la cazanul 2 Turceni și cazanul 5 Rovinari și în curs de montaj la cazanul 1 Turceni — plasate la partea inferioară a arzătoarelor de praf. S-a obținut astfel aceeași stabilitate a flăcării, dar cu un consum de păcură mai redus, de numai circa 5—7%.

În paralel cu preocupările privind utilizarea cărbunilor, s-a acumulat o bogată experiență în folosirea judicioasă a hidrocarburilor, concretizată prin modernizarea instalațiilor de ardere și prin optimizarea regimurilor de exploatare la instalațiile de cazane de 420 t/h și 640 t/h, cît și la proiectarea și realizarea instalațiilor de ardere pentru stabilizarea flăcării. Totodată, s-a realizat aditivul de combustie a păcurii sulfuroase și instalația de dozare, aplicat la funcționarea CET Palas.

Au existat preocupări permanente în direcția reducerii consumurilor specifice de combustibil și a consumurilor proprii tehnologice, care s-au materializat în trecut prin introducerea și aplicarea metodologiei de postcalcul în toate termocentralele sistemului energetic național, iar în prezent s-a trecut pe calculator în premieră la CTE Mintia, urmînd a fi generalizată.

În ultimii ani s-a reconsiderat structural activitatea prin abordarea unor soluții ca : introducerea fascicolelor înglobate în condensator — aplicată la CET Comănești într-o primă formă și în curs de aplicare la CET Iași, CET Borzești și CET Oradea ; termoficare — din centrale proiectate inițial pentru condensație prin extragerea de abur din prize fixe la IE Luduș-Iernut, cu o economie de 7500—9000 t c.c./an și prin extragerea din priză reglabilă la IE Deva-Mintia, cu o economie de circa 30 000 t c.c./an ; realizarea unor bile de cauciuc spongios și a instalațiilor de curățire continuă a condensatoarelor turbinelor cu abur, aplicate la Iernut, Mintia, Brăila, Borzești, București-Vest, Brazi, urmînd a se aplica la Galați și București-Sud ; deschideri de prize de abur industrial de 40 ata — realizată la Brazi, turbina 7, și în perspectivă la Oradea, turbina 4.

De asemenea, s-a studiat evoluția pierderilor hidraulice în aducțiune și organele echipamentelor hidroenergetice la CHE „Gheorghe Gheorghiu-Dej"-Argeș, pentru evitarea pierderilor de energie provenite din uzura cămășuielii aducțiunii ; identificarea experimentală a parametrilor de reglaj și adaptarea camelor spațiale la centralele hidroelectrice de pe Olt, pentru realizarea reglajului optim automat în funcție de cădere.

Un loc aparte în preocupările sectorului l-a constituit, și îl constituie, siguranța în funcționare a echipamentelor, mai ales a celor de producție românească, cu atenție sporită îndreptată spre blocurile de 330 MW de la Rovinari și Turceni.

Astfel, s-au adoptat soluții noi pentru protecția antiabrazivă a conductelor de hidrotransport, a rotoarelor de pompe Bagger din centrala Craiova și a paletelor de ventilator de gaze de la Rovinari, blocul 3 ; s-au efectuat cercetări asupra instalației de spargere a bolților de cărbune în buncăre și suflarea ramelor arzătoarelor folosite la Turceni ; s-au efectuat spălări chimice la toate cazanele de 1035 t/h puse în funcțiune, care inițial erau efectuate de firme specializate din Vest ; cercetări privind modificarea caracteristicilor în timp ale uleiurilor folosite la turbinele hidraulice din CHE și la turbinele cu abur din CTE ; soluții de modificare a unor părți sub presiune ale cazanului de 1035 t/h ; de asemenea, este de menționat participarea unui larg corp de specialiști din cadrul institutului pentru realizarea programului de modernizare și îmbunătățire funcțională a blocurilor de 330 MW.

*

În domeniul energeticii generale și industriale, actualele preocupări sînt axate pe problemele care se află la interfața între sectorul energetic și celelalte sectoare industriale. S-au efectuat numeroase analize de bilanțuri energetice la marii consumatori de energie electrică și termică, în vederea reducerii consumurilor. De asemenea, în sectorul casnic, al comerțu-

lui și alimentației publice s-au executat măsurători de randamente la aparatele electroreceptoare și s-au elaborat soluții practice de îmbunătățire a acestora, în vederea autorizării menținerii în exploatare a utilajelor existente și a omologării în fabricație a celor noi. Au fost analizate condițiile în care energia electrică poate reprezenta o soluție economică de încălzire a spațiilor, de preparare a apei calde de consum și de pregătire a hranei și s-au găsit unele aplicații în care această soluție este competitivă. Cu această ocazie s-a constatat necesitatea unei izolări termice superioare pentru locuințele actuale, cu efecte importante în ceea ce privește economiile de combustibil și energie.

Pentru marii consumatori de energie electrică, au fost elaborate, cu concursul nemijlocit al energeticienilor industriali din industria chimică, soluții pentru menținerea acestora în funcțiune la golurile de tensiune, spre exemplu pentru Combinatul de îngrășăminte azotoase Tg. Mureș, combinatele petrochimice Borzești, Slobozia, Turnu Măgurele ș.a. De asemenea, s-au determinat pe cale experimentală condițiile de funcționare în regim de tensiune de alimentare scăzută a unor zone de consum caracterizate prin receptoare de tip rezistiv.

În ceea ce privește recuperarea resurselor energetice refolosibile, au fost elaborate studii de soluție pentru recuperarea căldurii în procesele industriale, spre exemplu la instalațiile de incinerare a apelor acrilonitrilice de la Combinatul petrochimic Pitești și arderea unor gaze reziduale rezultate la Combinatul petrochimic Borzești.

Referitor la perspectiva preocupărilor în domeniul energeticii industriale, se consideră oportună analizarea în detaliu a proceselor tehnologice din cadrul marilor consumatori de energie de către echipe mixte de tehnologi și energeticieni, în vederea creșterii randamentelor de utilizare a energiei. În baza acestor analize vor putea fi propuse, după caz, menținerea, ameliorarea sau abandonarea tehnologiilor existente.

În domeniul surselor și tehnologiilor noi energetice, preocupările sînt axate în prezent pe trei direcții principale : conversia termodinamică a energiei solare în energie electrică, valorificarea surselor de căldură de temperaturi joase cu pompe de căldură și valorificarea forței vîntului în scopuri energetice.

În cadrul primei centrale solaroelectrice, de 30 kWe, care reprezintă și o bază materială adecvată pentru cercetări în domeniul energeticii solare, pînă în prezent s-au realizat și experimentat principalele echipamente și utilaje, ca : grupul turbogenerator cu freon, captatoarele solare, schimbătoarele de căldură, pompele și o parte din instalația de măsură și control, care sînt în curs de asamblare în vederea punerii în funcțiune a centralei pînă la sfîrșitul acestui an. Valorificarea rezultatelor obținute pînă în prezent permite extinderea aplicațiilor în direcția utilizării energiei solare în centralele și stațiile electrice, în domeniul agricol și pentru recuperarea resurselor energetice secundare, prin intermediul grupurilor turbogeneratoare cu agenți volatili. În perspectivă sînt în curs de elaborare sisteme perfecționate de conversie a energiei solare cu captatoare de tip heliostat, avînd o putere de ordinul 1 MW, de stocare a energiei termice obținute la temperaturi înalte și realizarea unei centrale solaroelectrice de 10 kWe cu celule fotovoltaice, în cooperare cu specialiștii ICPE.

Cercetările în domeniul utilizării pompelor de căldură, pentru valorificarea surselor de căldură de temperaturi scăzute (ape geotermale, ape evacuate din procese industriale), s-au soldat cu rezultate care ne permit să afirmăm că în prezent ne găsim în faza de extindere a aplicațiilor. Cele două aplicații inițiale realizate la Felix și Boghiș, cu prototipurile rezultate din cercetare, au demonstrat posibilitățile acestei tehnologii și au stat la baza elaborării (anul trecut și anul acesta) a unor programe de fabricare de echipamente și de aplicare extinsă în economia națională. Proiectele de execuție pentru primele aplicații prevăzute în aceste programe au și fost elaborate de către IPROMET și IPROLAM, cu colaborarea ICEMENERG. De asemenea, institutul nostru a participat la elaborarea de către IPCT a unor studii și proiecte de tipizare pentru sisteme cu pompe de căldură avînd diverse destinații.

Programul de aplicare extinsă a pompelor de căldură în cincinalul 1981—1985 prevede realizarea în diferite sectoare ale economiei naționale a unor instalații care totalizează circa 1300 de agregate, cu efecte energetice nete pe cincinal de circa 300 mii t c.c., din care în anul 1985 circa 150 mii t c.c. Cercetarea va trebui ca, pe lîngă asistarea tehnică a beneficiarilor pentru concepția, realizarea și punerea în funcțiune a instalațiilor, să elaboreze soluții noi pentru sisteme mari cu pompe de căldură, cu agregate cu puteri unitare de 6—10 Gcal/h, care vor începe să fie aplicate spre sfîrșitul cincinalului și vor constitui direcția principală de dezvoltare a acestei tehnologii în cincinalul 1986—1990.

În direcția valorificării energiei eoliene în scopuri energetice, se preconizează utilizarea acesteia în sistemele hidroenergetice de pompare-acumulare, conform unui program în colaborare cu constructorii de echipamente.

*

Funcționarea sigură și economică a sistemului electroenergetic național (SEN) pe componente și luat în ansamblu, interconectat cu sistemele vecine, a constituit obiectivul principal al preocupărilor din sectorul electroenergetic al institutului.

Pentru elucidarea fenomenelor electrotehnice din rețelele electrice care pot genera avarii locale sau de sistem, a fost elaborată o serie de lucrări ale căror rezultate au contribuit la stabilirea măsurilor de coordonare și întărire a izolației. Astfel, în domeniul supratensiunilor atmosferice s-au întocmit hărțile keraunice pentru întreg teritoriul țării, stabilite pe baza măsurătorilor statistice în 100 puncte pe timp de 11 ani, care stau la baza proiectării noilor instalații și la stabilirea schemelor de protecție a stațiilor. Împreună cu personalul din unitățile de exploatare s-au analizat și s-au pus la punct schemele de protecție contra supratensiunilor pentru stațiile de 110—400 kV, ceea ce a condus la reducerea aproape totală a incidentelor din stații datorită supratensiunilor, chiar în ani cu activitate keraunică excepțională, cum este cel în care ne aflăm.

O activitate susținută de încercare la impuls a instalațiilor de 6—110 kV, dusă timp de 10 ani, a permis verificarea coordonării izolației în circa 500 stații.

În domeniul protecției împotriva supratensiunilor interne s-au pus la punct metodele de măsură a supratensiunilor interne, s-a realizat aparatura de măsură și înregistrare și s-au efectuat determinări statistice prin încercări directe în rețelele de 110—400 kV.

Utilizînd caracteristicile uzuale ale LEA de 220—400 kV, s-a realizat un analizor de rețea pentru fenomene tranzitorii, cu care s-au determinat supratensiunile temporare și tranzitorii pentru diferite regimuri de comutare a LEA de 220—400 kV. Rezultatele obținute pe analizorul de rețea au permis reducerea numărului de încercări directe. Rezultatele privind nivelul supratensiunilor de comutație, corelate cu rezultatele cercetărilor privind comportarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă la acest tip de solicitări, au stat la baza noului standard de coordonare a izolației și a normativului privind alegerea, coordonarea și protecția izolației împotriva supratensiunilor.

În domeniul încercărilor și verificărilor izolației echipamentului de înaltă tensiune, s-au pus la punct o serie de tehnologii de verificare nedistructivă a izolației, care se utilizează în prezent la asimilarea produselor noi și la verificările preventive în exploatare.

Au fost realizate numeroase instalații și echipamente pentru verificarea izolației echipamentului din exploatare, care au intrat în dotarea unităților de exploatare.

În prezent o problemă prioritară o constituie verificarea coordonării izolației la serviciile interne ale grupurilor de 330 MW.

Totodată, pentru creşterea siguranţei în funcţionare a instalaţiilor, sînt în curs de realizare trei instalaţii de încercare la impuls cu care vor fi dotate, cu concursul esenţial al ICPE, unităţile de exploatare şi care vor permite o verificare pe zone a coordonării tuturor instalaţiilor de 6—110 kV.

În cadrul activităţii de prevenire a avariilor datorate poluării, au fost elaborate lucrări de identificare a instalaţiilor energetice amplasate în zone afectate de poluare şi au fost organizate măsurători pentru determinarea gradului de poluare în circa 60 de staţii electrice de 35—400 kV, precum şi încercări în laborator şi în standurile de încercare la poluare naturală a izolatoarelor de la Chişcani şi Işalniţa, stabilindu-se măsuri atît pentru exploatare, cît şi pentru proiectare. În acest fel s-a reuşit ca în ultimii ani avariile datorate poluării să scadă în mod considerabil.

Pe baza concluziilor desprinse din urmărirea comportării în exploatare a echipamentelor electrice şi ţinînd seama de nevoile impuse de dezvoltarea instalaţiilor energetice, colectivele de specialişti din ICEMENERG şi-au concentrat eforturile pentru îmbunătăţirea performanţelor aparatajului şi echipamentului electric. Dintre principalele realizări menţionăm depistarea deficienţelor de fabricaţie la transformatoarele-bloc de 190 şi 250 MVA, 220 kV, la autotransformatoarele de 200 MVA, 220 kV şi stabilirea soluţiilor pentru eliminarea acestora în colaborare cu IEP Craiova.

S-au elaborat soluţii pentru îmbunătăţirea performanţelor la întreruptoarele de medie tensiune (izolaţia externă, camerele de stingere), la întreruptoarele de înaltă tensiune IUP-110 şi IO-110 (camere de stingere, dispozitive de acţionare etc.), la celulele prefabricate de medie tensiune etc.

S-au pus la punct tehnologii şi s-a organizat baza materială pentru efectuarea unor probe speciale la întreruptoare şi alte aparate (ruperea curenţilor capacitivi, depistarea defectelor incipiente din transformatoare etc.).

Stabilirea condiţiilor tehnice, elaborarea caietelor de sarcini, testarea calităţii la fabricaţie şi urmărirea comportării în exploatare a echipamentelor electrice constituie preocupări permanente şi din ce în ce mai intense ale specialiştilor din ICEMENERG.

Dintre preocupările prioritare în acest domeniu se citează celulele de 110 kV în SF_6, noua serie de celule de medie tensiune, noi tipuri de transformatoare-bloc şi de reţea, noi tipuri de transformatoare de măsură etc.

În domeniul întreţinerii şi exploatării sigure şi economice a reţelelor electrice din SEN au fost elaborate şi modernizate tehnologii de exploatare şi întreţinere. Astfel, pentru asigurarea funcţionării neîntrerupte a reţelelor de 400 kV s-a elaborat tehnologia de lucru sub tensiune şi s-au creat condiţii de generalizare a lucrului sub tensiune şi la instalaţiile electrice de joasă tensiune, asigurîndu-se pentru aceasta tehnologii, dotare cu scule şi dispozitive, precum şi instruirea personalului, s-au modernizat tehnologiile de execuţie a accesoriilor pentru cablurile de joasă tensiune şi pentru medie tensiune. Actualmente se lucrează pentru diversificarea şi generalizarea tehnologiilor de lucru sub tensiune la LEA de 110—400 kV şi pentru modernizarea tehnologiilor de execuţie a accesoriilor la toate tipurile de cabluri de medie tensiune.

Stabilitatea funcţionării pe ansamblu a sistemului electroenergetic depinde de fiabilitatea echipamentelor, şi în special a generatoarelor sincrone. Acestea au făcut obiectul unor cercetări odată cu regimul de funcţionare a generatoarelor şi în ansamblu a grupurilor energetice racordate la reţea în funcţionare insulară. A fost studiată funcţionarea în regim subexcitat a generatoarelor sincrone racordate în SEN direct la 400 kV şi la 220 kV, determinîndu-se în acelaşi timp limitele de încărcare în capacitiv a turbogeneratorului de 330 MW IMGB, 200 MW SKODA ş.a. Rezultatele lucrărilor, concretizate în măsuri de exploatare, echivalează pînă în prezent cu peste 1200 MVA (capacitivi) absorbiţi în golurile de sarcină, fără investiţii suplimentare şi, corespunzător, reducerea pierderilor în reţele prin reducerea vehiculării acestei puteri reactive.

Insularizarea grupurilor din apropierea platformelor industriale pe consum local şi în caz extrem pe consum propriu a intrat în preocuparea ICEMENERG şi este practic terminată pentru zece platforme şi în curs de extindere pentru alte trei platforme industriale.

Tehnologia de realizare a înfăşurărilor maşinilor electrice cu izolaţie termorigidă, elaborată de ICEMENERG şi însuşită de întreprinderea Energoreparaţii, a înlocuit vechile tehnologii, a eliminat importul şi a condus la realizarea unor bobinaje de calitate mult superioară, foarte sigure în exploatare. După această tehnologie au fost rebobinate hidrogeneratoarele de 50 MW de la CHE Stejaru, de 23 MW de la CHE Rîmnicu Vîlcea şi sînt în curs cele de la CHE Corbeni.

Cu tehnologie similară s-au realizat bornele cu izolaţie sintetică pentru turbogeneratoarele răcite cu hidrogen (200 MW Skoda, 330 MW IMGB etc.) la ICEMENERG, la care rezultatele sînt mai puţin mulţumitoare.

În prezent se extinde utilizarea tehnologiei la barele colectoare izolate pentru hidrogeneratoarele capsulate de pe Dunăre şi de pe rîurile interioare (4,5 ; 2,5 şi 1,5 kA la 6,3 kV).

Activitatea pe linie de automatizări în energetică din ICEMENERG a fost orientată strict pe problemele prioritare ale SEN. Astfel, în ceea ce priveşte intensificarea folosirii combustibililor inferiori, concomitent cu reducerea consumului de hidrocarburi, a fost concepută şi realizată o instalaţie de cîntărire automată din mers a vagoanelor încărcate cu cărbune, precum şi prelevarea automată a probelor de cărbune în scopul determinării cantităţii şi a puterii calorice a combustibililor livraţi termocentralelor pe cărbune.

De asemenea, pentru ridicarea nivelului de exploatare a grupurilor pe cărbune au fost realizate sau sînt în curs de definitivare lucrări de adaptare şi punere în funcţiune a unor bucle de reglare la Rovinari şi Turceni.

În fază avansată se află şi lucrările privind dotarea acestor grupuri cu calculatoare de proces, care vor constitui un mijloc eficient în mîna exploatării, pentru canalizarea corectă a eforturilor vizînd creşterea atît a randamentului blocurilor, cît şi a siguranţei în funcţionare a acestora. În plus, pentru testarea echipamentelor de calcul ce se vor introduce în centralele electrice, precum şi pentru verificarea programelor ce se implementează pe acestea, ICEMENERG şi-a construit o staţie de testare a calculatoarelor de proces.

În ceea ce priveşte intensificarea punerii în valoare a potenţialului hidroenergetic, în cadrul institutului a fost asigurată funcţionarea optimizată a hidrocentralelor şi a cascadelor de hidrocentrale de pe rîurile interioare prin realizarea de programe de calcul de prognoză pe termen scurt, mediu şi lung. De asemenea, în acelaşi context a fost cercetat, proiectat şi realizat un dispozitiv de optimizare a funcţionării turbinelor hidraulice cu dublu reglaj.

Pe linia creşterii siguranţei în funcţionare a SEN, a fost asigurată funcţionarea în reglaj frecvenţă-putere a grupurilor de 200 MW importate din U.R.S.S. şi R.S.C. Ca o premisă necesară funcţionării în reglaj frecvenţă-putere pentru toate grupurile de puteri mai mari de 100 MW s-au stabilit măsurile necesar a fi luate pentru exploatarea acestora în regim de reglaj al sarcinii electrice.

De asemenea, s-au elaborat criteriile şi mijloacele necesare pentru descărcarea automată rapidă a grupurilor hidro şi termoelectrice, în vederea creşterii stabilităţii SEN în cazul apariţiei de perturbaţii.

Ca urmare a avariei de sistem din anul 1977, preocupările cercetătorilor pentru creşterea siguranţei şi economicităţii SEN în ansamblu, interconectat cu sistemele vecine, au fost intensificate în sensul regimurilor dinamice pe termen lung şi mediu, cu considerarea funcţionării automaticii şi protecţiilor de sistem. A fost elaborat în acest sens programul

de calcul al regimurilor dinamice pe termen lung (LOTDYS), implementat deja la sistemul de calcul DEN, program care permite elucidarea fenomenelor ce au loc pe parcursul avariilor și la funcționarea insulară a zonelor din sistem.

Au fost elaborate, de asemenea, programe de calcul și analiză a regimurilor staționare care permit introducerea în calcul a rețelelor de dimensiuni mari și foarte mari (NERA 4, 5, 6), precum și programe de analiză a stabilității statice a SEN (SAMI, STAB) și a stabilității tranzitorii (RETRA). Toate aceste programe sînt implementate și folosite curent în sistemul de calcul off-line de la Dispecerul energetic național.

Tot în probleme de sistem au fost finalizate o serie de cercetări privind elaborarea modelelor sintetice ale sistemelor vaste cu ajutorul echivalenților REI DIMO, avînd ca rezultat programe de calcul pentru formarea de echivalenți ai sistemelor vecine și reactualizarea acestora pe baza informațiilor de la frontieră, programele întocmite fiind implementate și utilizate curent în sistemul de calcul al DEN.

Avem satisfacția de a informa pe participanții la sesiune despre strălucitul succes obținut prin ceea ce se poate numi străpungerea industrială în marile sisteme electroenergetice din S.U.A., cu acțiuni similare în curs pentru R.F.G. și Franța, a lucrărilor dezvoltate de tovarășul Paul Dimo și colaboratorii săi din ICEMENERG în domeniul analizei nodale și echivalenților REI.

Preocupările în acest domeniu continuă în sensul lărgirii posibilităților de cuprindere în programele de calcul a fenomenelor și evenimentelor importante ce au loc pe durata regimurilor dinamice, a creșterii fiabilității modelelor, toate acestea conducînd la creșterea gradului de prevenire a apariției și extinderii avariilor din SEN.

★

În cadrul sectorului de asimilări de produse realizate în institut, au fost atacate mai multe direcții de mare utilitate pentru sistemul energetic, din domeniile automatizărilor, telemecanizărilor și protecției prin relee.

În ceea ce privește instalațiile de conducere centralizată prin telemecanică a rețelelor electrice și cascadelor de hidrocentrale, au fost livrate și puse în funcțiune echipamente de culegere și transmitere de date pentru dispecerul hidroenergetic Argeș, realizat integral, dispecerii de distribuție IREB pentru rețeaua de irigații din zona Moștiștea și Giurgiu și pentru dispecerii de distribuție din Constanța, Tulcea, Brașov, Iași ș.a.

În cadrul preocupărilor de creștere a productivității muncii prin reducerea personalului de exploatare au fost dotate, pe baza proiectelor și echipamentelor ICEMENERG în perioada 1976—1980, 134 stații electrice de transformare.

În paralel cu acțiunea de telemecanizare au fost realizate și puse în funcțiune instalații de automatizare la nivel de centrală în cadrul cascadelor de hidrocentrale și la unele din marile hidrocentrale direct subordonate DEN, ca : Lotru, „Gheorghe Gheorgiu-Dej"-Argeș, Mărișelu pe Someș.

Tot în domeniul automatizărilor și în scopul măririi siguranței în exploatare, au fost realizate și date în exploatare regulatoare automate de tensiune pentru hidrogeneratoare de tip SAREX.

În domeniul protecției și automatizării prin relee, în ultimii ani s-au asimilat și au intrat în fabricație toate aparatele necesare dotării transformatoarelor și liniilor electrice de 110 kV.

De asemenea, la ICEMENERG se realizează echipamentele necesare asigurării stabilității sistemului energetic, cum sînt releele de descărcare a consumului la scăderea frecvenței sau a tensiunii. Simultan este în curs de elaborare aparatura pentru automatica de sistem la apariția pendulațiilor sau a creșterii puterii transportate pe LEA.

Acest aparataj, produs în țară, este bine adaptat ridicării siguranței de funcționare a instalațiilor energetice și conduce la importante economii valutare prin reducerea importului (circa 100 milioane lei/an).

★

În domeniul informaticii, preocupările ICEMENERG au fost orientate în direcția elaborării de soluții noi, eficiente, de perfecționare a sistemelor informatice și de conducere în specificul ramurii energiei electrice și termice.

Pe lîngă cercetările privind elaborarea de metode pentru evaluarea performanțelor sistemului teleinformatic al DEN și sistemului informatic elaborat pentru urmărirea mersului economic în centralele electrice despre care am amintit, a fost elaborată, în strînsă colaborare cu specialiștii beneficiari din cadrul serviciilor plan și al oficiilor de calcul ale CIPEET și CIRE, o nouă concepție de tratare a informației tehnico-economice utilizate curent pentru planificare și raportare în cadrul centralelor industriale, concepție bazată pe utilizarea tehnicilor de gestiune automată a bazelor de date.

În fine, o atenție deosebită a fost acordată utilizării informaticii pentru nevoile proprii ale ICEMENERG, ca instrument eficient de cercetare, precum și pentru conducere-gestiune în cercetare.

Devine posibilă creșterea calității rezultatelor cercetărilor efectuate prin utilizarea, cu un nivel sporit de productivitate, a unor noi metode și tehnici de investigare, bazate pe prelucrarea complexă a unui volum mare de date experimentale și pe utilizarea de modele, metode și algoritme de calcul perfecționate, ceea ce permite o analiză mai aprofundată a fenomenelor cercetate.

★

Cu toate rezultatele pozitive arătate, sîntem perfect conștienți de numeroasele deficiențe și insuficienta valorificare a posibilităților reale ale institutului pentru ridicarea la un nivel superior a întregii noastre activități.

Numeroase din aspectele negative, scoase în evidență de tovarășul Nicolae Ceaușescu numai în ultimul timp, există și persistă și în activitatea institutului nostru.

Avem încă deficiențe în selectarea tematicii de cercetare, privind problemele cele mai importante. Nu avem un pachet de probleme majore ale sectorului nostru energetic în etapa actuală și o tematică de cercetare cu bătaie mai lungă. Ne lăsăm, de multe ori, copleșiți de unele probleme mai mărunte, din care cauză uneori pierdem esența unor probleme importante.

Avem încă deficiențe în privința cuprinderii și soluționării problemelor imediate privind sarcinile de plan ce revin Ministerului Energiei Electrice.

N-am reușit să concentrăm forțele pentru scurtarea termenelor de realizare a unor cercetări prioritare. Durata foarte mare a unor cercetări este favorizată și de un sistem greoi de asimilare în producție a rezultatelor cercetărilor, mai ales în cazul în care o lucrare se încheie cu realizarea de aparate și dispozitive.

În sectorul termoenergetic, care este foarte solicitat de problematica actuală, avem un deficit mare de cadre de specialitate și cu experiență.

Faptul că după terminarea perioadei de stagiu absolvenții învățămîntului superior nu pot fi obligați să se încadreze în activitatea de cercetare-dezvoltare tehnologică a provocat ani de-a rîndul, și provoacă în continuare, dificultăți în formarea rezervei de cadre.

În realizarea sarcinilor de producție industrială și a lucrărilor de cercetare aplicativă întîmpinăm dificultăți datorită aprovizionării tehnico-materiale, care nu are un tratament prioritar simplificat pentru cercetare.

În general, activitatea institutelor de cercetare integrate, care nu pot respecta regimul de planificare a aprovizionării pentru industrie, este îngreunată de lipsa unor baze de aprovizionare și desfacere organizate distinct pentru aceste activități specifice, unități care să poată satisface cu operativitate sortimentele extrem de variate de materiale necesare, de cele mai multe ori în cantități minimale ce nu se contractează la livrarea de către întreprinderile furnizoare.

În privința urmăririi aplicării în producție a cercetărilor elaborate de institut, situația este de asemenea nesatisfăcătoare. Cercetătorii nu dau totdeauna suficientă atenție acestei acțiuni, de o deosebită importanță pentru finalizarea lucrărilor elaborate. Vina principală ne aparține, fără îndoială, dar și beneficiarii noștri ar trebui să fie mai receptivi și să existe o mai mare înțelegere a acestora față de cercetătorii care vor să finalizeze lucrările.

Lipsuri se manifestă și în organizarea muncii și controlul îndeplinirii sarcinilor. Au fost solicitate uneori nejustificat și tolerate cazuri de decalări de faze sau rămîneri în urmă.

În general, faptul că activitatea noastră nu este totdeauna la nivelul cerut de sectorul energetic și conducerea M.E.E. este elocvent reflectat de rezultatele întregii activități a ministerului. Orice neîmplinire sau deficiență apărută ca final în exploatare este dovada necontestată a unei deficiențe cel puțin tot atît de mari de concepție în activitatea trecută a noastră, a cercetătorilor și proiectanților.

În spiritul recentelor indicații date de secretarul general al partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, și de conducerea ministerului nostru, sîntem ferm hotăriți să adoptăm măsuri concrete pentru eliminarea lipsurilor și întărirea răspunderii.

Vom depune toate eforturile pentru adîncirea laturilor calitative ale muncii noastre și creșterea eficienței activității desfășurate de institutul nostru, angajat plenar în realizarea cu succes a tuturor sarcinilor ce ne revin.

Astfel, planurile de cercetare viitoare vor fi orientate corespunzător, așa încît lucrările și contribuția institutului la rezolvarea problemelor științifice, tehnice și economice ale sectorului energetic să aibă un caracter aplicativ și cît mai operativ.

În viitor, eforturile vor fi îndreptate și spre adîncirea conținutului lucrărilor de cercetare ce se vor executa, astfel încît să răspundă în măsură tot mai mare cerințelor actuale, care reclamă o gospodărire și o economisire cît mai judicioasă a tuturor formelor de energie.

În aceeași măsură se va accentua și gradul de îmbunătățire a calității produselor executate de ICEMENERG spre a fi competitive cu cele realizate pe plan mondial, de tehnica de vîrf.

În încheiere, ținem să mulțumim conducerii CNST și Ministerului Energiei Electrice, Centralelor industriale, precum și colaboratorilor noștri din DEN, ISPE, ISPH, din întreprinderile de centrale și rețele electrice, pentru sprijinul acordat în realizarea obiectivelor noastre. De asemenea, mulțumim tuturor colegilor din alte unități de cercetare, din celelalte institute centrale, cu care colaborăm intens. Cu acest sprijin și îndrumarea pe care scontăm să o primim și în continuare de la forurile noastre tutelare, dar în principal prin mobilizarea noastră, a tuturor cadrelor din ICEMENERG, sîntem ferm decișI să facem față amplului și mobilizatorului program trasat de tovarășul Nicolae Ceaușescu, ducîndu-ne în acest fel la un bun sfîrșit sarcinile importante ce le avem de rezolvat pentru o funcționare sigură și economică a sistemului nostru energetic, pentru înflorirea energeticii românești.

Cuvînt de închidere a lucrărilor sesiunii, rostit de dr. ing. Gh. Bălan,

director adj. științific — ICEMENERG

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICEMENERG cu tema „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești" a prilejuit ocazia unui util schimb de experiență, unor fructuoase legături și confruntări de opinii între personalul din cercetare — ICEMENERG, din alte institute de învățămînt superior de cercetare și proiectare și personalul tehnic din întreprinderile de centrale electrice, rețele de transport și distribuție, adică adevărații beneficiari ai studiilor și lucrărilor prezentate.

Vom sublinia că încă de la înființarea sa, cercetarea departamentală — inițial în întreprinderea IRME și în institutul ICENERG și apoi în ICEMENERG — a avut drept scop rezolvarea unor probleme directe, de acută actualitate.

Am vrut să fim totdeauna aproape de cerințele și necesitățile exploatării, să răspundem problemelor actuale și de perspectivă legate de buna funcționare la parametrii nominali și în condiții tehnico-economice cît mai avantajoase a instalațiilor din sistemul energetic național.

Dacă nu am reușit totdeauna să realizăm aceste deziderate, să fim în avangarda preocupărilor exploatării, să anticipăm și să „rezolvăm din mers" problemele apărute, sesiunile de comunicări au fost totdeauna un bun prilej de a ne corecta și perfecționa munca, de a ne adapta mai bine scopului pentru care am fost constituiți, de a soluționa problemele stringente pe care conducerea partidului și statului le-a ridicat în fața noastră în principalele etape de dezvoltare a energeticii în țara noastră.

Privind nu fără o oarecare nostalgie în trecut și urmărind tematica pe care o dezbăteam și o rezolvam la începuturile preocupărilor noastre — în care principala pondere o reprezentau „remedierile", „modernizările", realizările de aparate de mică tehnicitate — putem să constatăm cu mîndrie că azi tematica de cercetare, reflectată pe larg în temele dezbătute în cadrul sesiunii, este situată pe un plan superior, că problemele de cercetare pe care le-am abordat sînt de importanță majoră, de complexitate sporită, că ele au reclamat eforturi interdepartamentale, au implicat echipe interdisciplinare, iar complexitatea aparatelor și instalațiilor pe care le realizăm și le punem în operă nu mai are decît slabe și puține repere de comparație în etapele din trecut.

Considerăm că aceasta reorientare răspunde unor necesități obiective ale momentului, că se încadrează în direcțiile prioritare puse în fața noastră cu clarviziune și claritate de către secretarul general al partidului, președintele republicii, tovarășul Nicolae Ceaușescu, de a trece la o nouă calitate, de a nu precupeți eforturile pentru a asigura în viitor independența energetică a țării, de a asigura diminuarea continuă a importurilor și a crește exporturile.

Remarcăm că cele mai multe dintre referatele prezentate în cadrul acestei sesiuni — pe care o considerăm jubiliară, dar căreia am vrut să-i dăm un caracter cît mai pronunțat de lucru — se încadrează în tematica și în preocupările prioritare ale Ministerului Energiei Electrice, ale întreprinderilor acestuia și, în general, în cerințele momentane ale energeticii din țara noastră.

Subliniem, de asemenea, interesul stîrnit de problemele prezentate în referate și în rapoartele generale printre participanți, interes reflectat atît în numărul de participanți la ședințe, cît mai ales în numărul, complexitatea și calitatea intervențiilor. Cu bucurie am constatat că între participanții la dezbateri o pondere importantă au avut-o delegații din exploatare, că nivelul preocupărilor acestora a crescut în mod simțitor.

Am putea spune că, de fapt, complexitatea problemelor ridicate de creşterea continuă a nivelului şi a tehnicităţii aparatajului introdus în sistem a constituit cerinţa obiectivă a dezvoltării în paralel, a pregătirii şi specializării personalului de exploatare.

O contribuţie în această direcţie a avut-o şi personalul de specialitate din ICEMENERG, atît în cadrul cursurilor organizate de M.E.E. prin C.P.L., cît şi prin notele tehnice, instrucţiunile şi prescripţiile pe care le elaborează şi care se adresează în special organelor de exploatare.

Elementele subliniate dovedesc vigoarea şi deschiderea orizontului institutului nostru, ne fac să privim cu încredere în viitor, să fim mulţumiţi de drumul parcurs, dar, corecţi şi obiectivi, să remarcăm că încă mai avem destule lucruri de îmbunătăţit în activitatea noastră, pentru a răspunde exigenţelor actuale, mereu crescînde şi de complexitate tot mai accentuată.

Vom sublinia că sîntem şi noi nemulţumiţi de durata încă mare a ciclului de cercetare — asimilare — producţie la multe din aparatele pe care le producem, de insuficienta preocupare pentru abordarea în cercetare a temelor cu adevărat importante şi prioritare, care să rezolve aspectele majore ale momentului, de lipsa unei perspective de mare amplitudine privind problematica noastră de cercetare în viitor.

Eforturile noastre prioritare trebuie să se îndrepte (aşa cum s-a subliniat în luările de cuvînt, chiar şi în cele din şedinţa inaugurală) spre rezolvarea problemelor centralelor termoelectrice : arderea combustibililor inferiori cu mică putere calorifică, fără adaos de hidrocarburi de menţinere a flăcării, utilizarea şisturilor bituminoase în centralele electrice, asigurarea fiabilităţii sporite a echipamentelor principale ale centralelor şi serviciilor interne ale acestora.

De asemenea este imperios să abordăm cu mai mult curaj şi competenţă problemele economiei de energie atît în domeniul consumului tehnologic, cît şi al raţionalizării utilizării energiei, element decisiv în asigurarea resurselor energetice în momentul actual, precum şi folosirea pe scară tot mai largă a resurselor energetice secundare, a căror perspectivă de introducere în circuitul de utilizare la scară industrială rămîne încă depărtată.

Nu este justificat, după opinia noastră, să trăim cu imaginea falsă că problemele introducerii tehnologiilor economice din punctul de vedere al energiei aparţin numai specialiştilor tehnologi ; este necesar să devenim mai combativi şi să militäm cu mai multă convingere şi ardoare pentru remedierea neajunsurilor ce se resimt pe plan naţional în această problemă şi care fac ca consumul de energie pe unitatea de venit naţional să fie la noi mult mai mare nu numai faţă de ţările industriale dezvoltate, dar şi faţă de unele din ţările în curs de dezvoltare.

Vom acţiona şi în continuare cu convingere pentru introducerea calculatoarelor de proces în energetică, atît pentru a simplifica şi a uşura activitatea de exploatare, cît mai ales pentru a asigura funcţionarea economică a reţelelor electrice şi chiar a celor de termoficare.

Chiar dacă în acest cuvînt de închidere nu vom putea menţiona toate ideile pe care le-am reţinut din dezbaterile din cadrul sesiunii, din luările de cuvînt şi indicaţiile transmise de conducerea sectorului III al P.C.R. şi a C.N.S.T., vrem să asigurăm conducerea ministerului, sectorul de partid şi pe colegii noştri din exploatare, institute de proiectare şi învăţămînt, pe toţi colaboratorii şi beneficiarii lucrărilor noastre că principala noastră străduinţă va consta în aplicarea cît mai promptă şi efectivă în practică a noilor idei valoroase, convinşi că aceasta este singura cale de a le valorifica în mod superior, cu eficacitate crescută. De asemenea, vă asigurăm că vom fi mereu receptivi la sugestiile şi solicitările lor, că vom extinde colaborarea cu colegii din învăţămînt, cercetare şi producţie, că vom căuta să ne încadrăm cît mai plenar în măreaţa operă de ridicare pe noi trepte a energeticii româneşti, aşa cum ne-a cerut secretarul general al partidului nostru.

Dorim ca o nouă aniversare jubiliară să ne găsească mai pregătiţi, mai eficienţi, mai stăpîni pe mijloacele noastre şi mai satisfăcuţi de rezultatele muncii proprii. Aceasta, cu toate că sîntem convinşi că problemele pe care ni le va ridica viitorul vor fi de o complexitate mereu sporită, mai importante şi mai dificil de rezolvat.

În secţia I „Gospodărirea energiei şi noi surse de energie", s-au susţinut trei rapoarte generale, reprezentînd un număr total de 39 de referate :

1. Energetica generală şi economia energetică (raportor ing. Alexandru Mihăilă) referitor la 14 referate.
2. Energetica industrială (raportor ing. Dumitru Preda) cuprinzînd 11 referate.
3. Cercetarea şi valorificarea de noi surse de energie (raportor ing. Constantin Popescu) — 14 referate.

Principalele concluzii rezultate din rapoartele generale şi din discuţiile pe marginea acestora se referă la obiectivul principal ridicat în faţa energeticienilor de Congresul al XII-lea al partidului, de secretarul general, tovarăşul Nicolae Ceauşescu : realizarea independenţei energetice a ţării în următorul deceniu. Acest lucru a produs — şi ne bucură să menţionăm că aceasta s-a remarcat pregnant în cadrul discuţiilor — o mutaţie adevărată în modul de abordare a problemelor asigurării cu energie şi, în mod special, a utilizării ei raţionale.

Obiectivul principal în momentul de faţă îl constituie lărgirea bazei de resurse energetice, prin descoperirea şi punerea în valoare de noi zăcăminte, creşterea factorului de recuperare a celor existente, introducerea în balanţă a unor noi surse, utilizarea raţională a acestor surse prin promovarea unei politici de severă economie de energie, element ce constituie principala resursă energetică în momentul de faţă. Astfel, la o creştere economică în ritm mediu de 11—12% anual, în deceniile 8 şi 9, se preconizează ca creşterea consumului de energie să se reducă de la peste 9% anual în deceniul 8 la sub 4,5% în deceniul 9.

În acest sens trebuie întreprinse noi eforturi, în special în direcţia conservării energiei. Aceste măsuri trebuie întreprinse în special în industrie, care este principalul consumator de energie (circa 68%) şi ele trebuie să vizeze o mai strînsă colaborare între tehnologi şi energeticieni pentru :

— orientarea dezvoltării industriei către dezvoltarea ramurilor cu consumuri reduse de energie ;

— introducerea unor noi tehnologii, în special în ramurile energointensive, care să realizeze aceleaşi producţii cu consumuri mai reduse de energie ;

— reducerea la minimum a pierderilor şi perfecţionarea tehnologiilor existente pentru creşterea randamentului lor.

Măsuri de economisire trebuie întreprinse şi în celelalte domenii ale consumului : transporturi, agricultură, consum public.

În actuala situaţie, dezvoltarea sistemului energetic trebuie concepută pe baze noi, iar siguranţa în funcţionare a instalaţiilor acestora îşi menţine acuitatea.

Se impune, de asemenea, dezvoltarea noilor surse de energie, alternativă a celor clasice, a căror pondere trebuie să crească tot mai mult în viitor, ţinînd seama de faptul că sînt reînnoibile şi inepuizabile.

La secţia II — „Electroenergetică" — s-au susţinut 6 rapoarte generale, reprezentînd un număr total de 98 de referate :

1. Tendinţe noi în metodele privind dezvoltarea şi conducerea raţională a sistemelor electroenergetice complexe (raportor dr. ing. Haralambie Cristea), cuprinzînd 20 de referate.

2. Contribuții la creșterea calității exploatării și disponibilității instalațiilor de producere a energiei electrice în centralele M.E.E. (raportor ing. Dumitru Crețu), cuprinzînd 10 referate.
3. Preocupări actuale pentru creșterea performanțelor tehnice și fiabilității echipamentului electric de comutație și transformare în contextul siguranței în funcționare a SEN (raportor ing. Eugen Mihalcea), cuprinzînd 14 referate.
4. De la analiza teoretică la cercetarea experimentală și realizarea aparaturii de încercare în tehnica tensiunilor înalte (raportor ing. Elena Mumjinschi), analizînd 14 referate.
5. Noi programe în proiectarea, întreținerea și exploatarea instalațiilor electrice (raportor ing. Constant Drăghicescu), analizînd 13 referate.
6. Sarcinile și unele concluzii ale psihologiei aplicate și ale psihoergonomiei în sectorul energetic (raportor psih. Gheorghe Pătru), analizînd 8 referate.

Vom menționa cu satisfacție că, în cadrul raportului general 1, ponderea preocupărilor s-a axat pe echivalenții sistemelor, introduși de dr. doc. ing. Paul Dimo, care a creat o adevărată școală în energetica românească. Această școală dă rezultate extrem de bune. Echivalenții introduși au fost preluați și dezvoltați în IPB, ICEMENERG etc., primind o largă consacrare internațională.

În privința raportului general 2, principalele probleme care au suscitat interes au fost cele legate de asigurarea fiabilității sporite a serviciilor interne ale marilor grupuri termoenergetice, la funcționarea insulară a centralelor cu consumul local în situații de avarii, introducerea microhidrocentralelor în SEN etc.

La raportul general 3 s-au remarcat prin importanța lor referatele legate de analiza comportării în exploatare a echipamentului energetic și preocupările de creștere a performanțelor de serviciu ale acestuia, realizarea și introducerea în SEN a echipamentului capsulat cu SF_6, realizarea și punerea în funcțiune a stației de mare putere a ICEMENERG.

La raportul general 4 s-au discutat în special problemele legate de studiul supratensiunilor pe linii și în aparatajele de înaltă tensiune, coordonarea izolației și măsuri de protecție, asigurarea aparatajului de încercare la frecvență industrială și la impuls, precum și încercările în condiții de poluare ale echipamentelor introduse în sistem.

La raportul general 5 au suscitat interes referatele legate de introducerea noilor tehnologii în rețelele de transport și distribuție, îmbunătățirea fiabilității elementelor de rețea, perfecționarea metodelor și tehnicilor de protecție împotriva accidentelor electrice, creșterea siguranței în exploatare a rețelelor la toate nivelurile de tensiune.

La raportul general 6, problematica ridicată cuprinde noi domenii de investigații în energetică — psihologia și psihoergonomia — ale căror metode de lucru devin din ce în ce mai utile activității de exploatare, construcții-montaj și în general în preocupările de ridicare la un nivel superior a condițiilor de muncă în sectorul energetic.

Din discuții și din rapoartele generale a reieșit că ICEMENERG trebuie să se ocupe mai mult de lărgirea bazei proprii de experimentare și încercare, să asigure cu mai multă operativitate echipamentele necesare echipelor de profilaxie din întreprinderi, să fie mai exigent în privința calității echipamentelor ce intră în sistem, cît și a propriilor livrări și, de asemenea, să persevereze în stringerea legăturilor cu organizațiile de exploatare, atît a rețelelor, cît și a centralelor electrice.

În secția III — Termoenergetică — au fost prezentate următoarele rapoarte generale :

1. Îmbunătățirea arderii combustibililor solizi, funcționarea sigură și economică a cazanelor de abur din centralele termoelectrice (raportor ing. Mircea Rădulescu).
2. Aspecte din activitatea privind mărirea siguranței în funcționare a echipamentelor energetice și recondiționarea de piese (raportor ing. Andrei Zabunov).
3. Contribuții referitoare la siguranța echipamentelor și la economicitatea turbinelor cu abur și termoficării (raportor ing. Radu Opincaru).

Principalele concluzii rezultate din rapoartele generale și din referate au fost :

— Pentru reducerea consumului de hidrocarburi să se aplice noi scheme de măcinare a cărbunelui, să se îmbunătățească calitatea combustibilului solid, să se folosească combustibili artificiali. De asemenea, să fie ameliorat randamentul cazanelor pe lignit și să se utilizeze masa combustibilă din zguri.

— În vederea măririi durabilității agregatelor supuse uzurii intense, să se aplice procedee de încărcare dură cu sudură și metalizare. Cercetările au stabilit posibilitatea creșterii duratelor de utilizare în cazul unor conducte de abur. S-au emis soluții pentru recondiționarea axelor și arborilor agregatelor energetice.

— Pentru extinderea termoficării s-au propus soluții de : deschideri de prize, transformări de turbine, compresoare cu jet, introduceri de turbopompe. Aplicarea de soluții pentru scăderea consumului propriu tehnologic, utilizarea căldurii cu potențial scăzut, creșterea gradului de siguranță în funcționare.

În cadrul secției a IV-a — Chimie în energetică și protecția mediului înconjurător — au fost prezentate rapoartele generale :

1. Tratarea apei și controlul analitic al indicatorilor de calitate în centralele termoelectrice (raportor ing. Alexandru Turasy), cuprinzînd 10 referate.
2. Combaterea coroziunii și depunerilor și introducerea în centralele termoelectrice a unor materiale noi (raportor chim. Nectara Funduca), cuprinzînd 8 referate.
3. Calitatea combustibililor și a uleiurilor de turbină și transformatoare (raportor ing. Viorica Neațu), cuprinzînd 8 referate.
4. Protecția mediului înconjurător (raportor ing. Cornel Moțiu), cuprinzînd 8 referate.

Cele mai importante concluzii rezultate din lucrările prezentate și care trebuie să constituie un ghid pentru preocupările noastre de viitor sînt următoarele :

— Trebuie intensificate cercetările privind mărirea randamentului instalațiilor de tratare chimică și creșterea gradului lor de disponibilitate.

— Trebuie să ne preocupăm în continuare de reducerea importului de schimbători de ioni, precum și de elaborarea unor tehnologii nepoluante de tratare a apei, de reducere a coroziunii datorate factorilor naturali și celor ce decurg din procesele tehnologice energetice.

— Să asigurăm reducerea consumului de căldură prin introducerea de noi materiale izolante cu proprietăți superioare.

— Să continuăm cercetările legate de reducerea pericolului de incendiu, creșterea gradului de utilizare a resurselor energetice secundare, păstrarea calității mediului înconjurător.

În cadrul secției V — Hidrotehnica în centralele electrice — s-au prezentat două rapoarte generale :

1. Contribuții la rezolvarea unora dintre problemele legate de partea hidro a centralelor termoelectrice (raportor dr. ing. Dan Ionescu-Sisești), analizînd 10 referate.

2. Modalități și metode noi privind exploatarea modernă optimă a centralelor hidroelectrice (raportor dr. ing. Gheorghe Cosma), examinînd 10 referate.

Problemele care au suscitat un interes particular în cadrul acestei secții au fost cele legate de perfecționarea turnurilor de răcire, implicațiile funcționării centralelor termoelectrice pentru rîurile care se folosesc la răcirea acestora, soluții noi de construcție a instalațiilor hidroenergetice din centrale.

În cadrul raportului general 2 s-au remarcat preocupările legate de asigurarea debitmetriei de exploatare, calculul cu precizie cît mai mare al randamentelor centralelor, prognoza și gospodărirea debitelor afluente în amenajările hidroenergetice.

În concluzii s-a remarcat că problemele abordate în referate sînt de mare actualitate și importanță, că se impun preocupări asidue pentru traducerea în viață a măsurilor propuse. Aceasta trebuie să fie legată atît de măsuri tehnico-organizatorice, cît și de o activitate de educare, perfecționare a pregătirii și a cunoștințelor personalului de exploatare, care este pus în situația de a utiliza pe scară largă concluziile studiilor teoretice.

La secția VI — Automatică, informatică și conducere în energetică — au fost prezentate două rapoarte generale :

1. Automatica în energetică (raportor ing. Vasile Budașcă).
2. Informatică și conducere în energetică (raportor dr. ing. Mario Duma).

În domeniul automaticii, principalele subiecte s-au referit la : automatizarea complexă a grupurilor termoenergetice de mare putere și la nivelul sistemului energetic, automatizări în rețelele de termoficare, fiabilitatea elementelor și schemelor de reglare automată, realizări noi în domeniul aparaturii de automatizare, protecție, telemecanică și telecomunicații, introducerea calculatoarelor de proces în domeniul termoenergetic și hidroenergetic.

În domeniul informaticii, principalele subiecte s-au referit la : sistemul teleinformațional al dispecerului național, utilizarea metodelor de simulare statistică, gestiunea bazelor de date din diferite domenii de activitate în energetică, introducerea rezultatelor cercetărilor informatice la întreprinderile de centrale și rețele electrice, aspecte economice ale informaticii.

În afară de lucrările din ICEMENERG, au mai fost prezentate lucrări din partea ; ISPE, Institutului Politehnic București, Institutului Politehnic Timișoara, Institutului Politehnic Iași, CIC Azomureș, IRE Suceava, CCSIT „Electroputere"-Craiova, Dispecerului energetic național, IRE București, I.E.I. etc.

Au prezentat un interes deosebit o serie de lucrări din domeniul automaticii și informaticii, care au o eficiență economică deosebită, pentru care sînt create toate condițiile de aplicare imediată în practică sau care au fost deja aplicate de exploatare. S-au remarcat o serie de lucrări prezentate de unitățile de exploatare ale M.E.E. și de către platformele industriale.

Din prezentarea rapoartelor generale, a referatelor și din luările de cuvînt s-au desprins concluzii utile cu privire la :

— Posibilitatea aplicării în practică a rezultatelor cercetărilor.
— Orientarea pe viitor a cercetărilor în domeniul automaticii și informaticii.
— Îmbunătățirea fabricației echipamentelor de automatizare, protecție prin relee, telemecanică și telecomunicații.
— Îmbunătățirea colaborării cu unitățile de exploatare și cu principalii colaboratori din M.E.E. și din afara M.E.E.
— Intensificarea cercetărilor și accelerarea acestora în domeniul utilizării echipamentelor de calcul fabricate în țară pentru aplicații energetice din domeniul automaticii.
— Necesitatea introducerii importului de completare în realizarea aparaturii de automatizare.
— Extinderea rezultatelor obținute în domeniul informaticii la toate întreprinderile de centrale și rețele energetice.

A rezultat, de asemenea, că :

— s-au efectuat lucrări importante privind fiabilitatea echipamentelor de automatizare și protecție prin relee în special în ceea ce privește probele accelerate. Este necesar ca acest domeniu de activitate să fie extins, colaborîndu-se cu unitățile de specialitate din M.I.C.M. ;

— există un program amplu, cu bune rezultate de asimilare a unor relee speciale, necesare protecțiilor de rețele și automaticii de sistem. Pentru perioada următoare trebuie să se analizeze posibilitatea realizării de relee cu componente electronice, integrate, în special în ceea ce privește protecțiile de bare ;

— este necesar să crească gradul de exigență al controlului tehnic de calitate pentru echipamentele de automatizare fabricate de ICEMENERG, în special legat de defectarea componentelor electronice IPRS Băneasa, utilizate în cadrul acestor echipamente. De asemenea trebuie asigurată livrarea directă către beneficiari a documentației de însoțire ;

— este necesar ca în timpul cel mai scurt să se redeziteze un catalog la zi privind echipamentele pe care le realizează ICEMENERG ;

— lucrarea privind comportarea în exploatare a produselor ICEMENERG trebuie să devină o lucrare cu caracter permanent. Beneficiarii sînt solicitați să completeze cu exactitate și promptitudine formularele difuzate în acest scop ;

— este necesară dotarea ICEMENERG cu un laborator de fiabilitate, în care să se poată efectua probe electronice și mecanice asupra echipamentelor de automatizare și protecție prin relee, atît din fabricația proprie, cît și din producția M.I.C.M. ;

— în domeniul introducerii calculatoarelor de proces în electro, termo și hidroenergetică se constată că în ultimii doi ani s-au efectuat progrese importante. Avînd în vedere că pentru perioada următoare se prevede introducerea pe scară largă a echipamentelor de calcul fabricate în țară, cu tendința de a înlocui automatizările cu mijloace analogice, considerăm necesară conjugarea eforturilor pentru o mai bună colaborare între ICEMENERG, ISPE și institutele de învățămînt superior. În acest mod se va reduce durata cercetărilor, vor rezulta sisteme de calcul cu o concepție unitară pe ansamblul M.E.E. și se vor evita paralelismele ;

— în domeniul informaticii se constată că majoritatea lucrărilor s-au orientat spre probleme cu aplicații concrete imediate, urmărindu-se realizarea unui sistem informatic complex și unitar al M.E.E. Este necesar ca pe viitor să existe o mai bună colaborare între unitățile informatice din M.E.E., avînd ca scop crearea unei baze de date tehnico-economice, cu reactualizarea operativă și îmbunătățirea mijloacelor și a metodelor de conducere.

În încheiere, doresc să adresez vii mulțumiri președinților, vicepreședinților și membrilor prezidiilor de conducere ale celor șase secții pentru modul în care au condus lucrările secțiilor și pentru indicațiile importante pe care le-au transmis pentru viitor.

Mulțumim delegațiilor întreprinderilor și instituțiilor care au prezentat referate, cît și celor peste o sută de participanți la discuții, care au contribuit la ridicarea nivelului științific al sesiunii.

Mulțumim, de asemenea, tuturor colaboratorilor din institut, care, prin activitatea lor, au asigurat o bună desfășurare a acțiunilor prilejuite de această sesiune și de aniversarea împlinirii a 20 de ani de activitate a institutului.

Considerînd că această sesiune și-a îndeplinit scopul pentru care a fost inițiată, mulțumim tuturor celor de față și vă invităm la sesiunea următoare din 1981.

Lista rapoartelor prezentate la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești"

București, 26—28 iunie 1980

Secția I — **Gospodărirea energiei și noi surse de energie**

Raport general 1 — *Energetică generală și economia energetică* (Raportor general: Al. Mihăilă)

1. C. Mihăileanu (ICCE), A. Iancu (IEI), F. Alexe (IPB), S. Răgălie (IEI) și M.G.M. Pop (ICEMENERG): Dinamica raportului între ritmul de dezvoltare economică și socială și consumul de energie în România.
2. A. Gheorghe și A. Popovici (IPB): Politici naționale de dezvoltare energetică pe termen lung; penetrarea și difuzia tehnologiilor.
3. C. Mihăileanu (ICCE), M. Duma, C. Popescu ș.a. (ICEMENERG): Contribuții în domeniul soluționării complexe a unor probleme sistemice ale energeticii.
4. A. Carabulea și M. Stoica (IPB): Concepția organizării sistemelor de energie în teoria catastrofelor.
5. N. Mișu și E. S. Pop (ISPE): Evoluția structurii producției de energie electrică în Republica Socialistă România.
6. V. I. Nitu și N. Bordeianu (ISPE): Metode și principii folosite în dimensionarea sistemului electroenergetic în actualele condiții ale balanței energetice.
7. V.I. Nitu, P. Iancovici și M. Stein (ISPE): Stadiul actual și perspective în prognozarea disponibilității blocurilor energetice.
8. A. Szmuk (ICSITEEMR): Sistem de indicatori pentru lanțul energetic.
9. Catedra de centrale electrice — IPB: Baza materială a Catedrei de centrale electrice în sprijinul dezvoltării energeticii românești.
10. M. Stănescu și H. Puwak (IES): Sporirea producției agricole în condițiile reducerii consumului de energie.
11. S. Cotenescu (ICEMENERG): Măsuri pentru reducerea consumului de energie electrică la instalațiile electrocalorice și frigorifice din sectorul comercial.
12. D. Preda (ICEMENERG): Încălzirea electrică a spațiilor. Domenii de aplicabilitate și competitivitate.
13. C. Moțoiu, M. G. Pop ș.a. (IPB, ICEMENERG și ISPE): Asupra posibilităților și perspectivelor de utilizare a căldurii cu potențial coborît de temperatură, evacuată din condensatoarele turbinelor din centralele electrice din R.S.R.
14. A. Florescu, N. Burchiu, M. Ghițulescu și T. Dragomir (ICEMENERG): Soluții eficiente de utilizare a pompelor de căldură în cadrul unor scheme bivalente de alimentare cu căldură a clădirilor.

Raport general 2 — *Energetică industrială* (Raportor general: D. Preda)

15. C. Mihăileanu (ICCE) și A. Perea (ICEMENERG): Indicatori de daună corespunzători întreruperilor în alimentarea cu energie electrică sau/și termică a consumatorilor industriali.
16. C. Mihăileanu (ICCE), D. Potlog și V. Rugină (ICEMENERG): Mijloace de combatere a efectelor golurilor de tensiune asupra consumatorilor industriali de energie electrică.
17. I. Ghizdeanu (IES): Principalele tendințe mondiale privind consumul industrial de energie.
18. S. Răgălie (IES): Economisirea energiei — criteriul principal de fundamentare a eficienței economice a producției industriale.
19. Gh. Bălan, V. Rugină și D. Potlog (ICEMENERG): Influența variației tensiunii de alimentare asupra funcționării consumatorilor industriali de energie electrică.
20. I. Crăciun (ICEMENERG), A. Dumitru (IPCUP) și C. Dinulescu (ICEMENERG): Optimizarea electroenergetică a regimurilor de funcționare a instalațiilor de foraj acționate în curent alternativ cu alimentare de la rețea.
21. H. Moțit (IAMC Otopeni): Metodă de optimizare a consumului de energie calorică necesară încălzirii aparatului de automatizare de cîmp.
22. H. Moțit (IAMC Otopeni): Considerente teoretice și practice privind reducerea consumului electric necesar asigurării funcționării debitmetrelor cu secțiune de trecere variabilă.
23. A. Mihăilă, C. Popescu, A. Ruiu și M. Dinu (ICEMENERG): Recuperatoare de căldură pentru unele procese din industria petrochimică.
24. C. I. Bilegan (ICEMENERG): Schimbător de căldură aer-aer cu tuburi termice.
25. I. Grigoriu (IITPIC) și F. Chiriac (Inst. constr. Buc.): Pompe de căldură industriale.

Raport general 3 — *Cercetarea și valorificarea de noi surse de energie* (Raportor general: ing. C. Popescu)

26. M. Dăncilă și C. Popescu (ICEMENERG): Prognoza potențialului energetic teoretic al surselor neconvenționale în R.S.R.
27. V. Stoenescu, E. Butnaru ș.a. (ICEMENERG): Centrale solare electrice de joasă temperatură, pilot experimental de 30 kW_e.
28. C. Popescu și V. Vărzaru (ICEMENERG): Conversia energiei solare la temperaturi înalte.
29. M. Ștefan, M. A. Staicu, V. Stoenescu și E. Butnaru (ICEMENERG): Captatoare solare plane pentru centrale solare electrice.
30. E. Butnaru, C. Popescu și A. Ruiu (ICEMENERG): Grupuri turbogeneratoare cu freon. Cercetări experimentale asupra grupului turbogenerator pentru centrala solară electrică de 30 kW_e, pilot experimental.
31. V. Gănescu, M. G. Pop ș.a. (ICMA și ICEMENERG): Rezultatele experimentale după un an de folosire a energiei solare pentru prepararea apei calde de consum la ferma zootehnică Bărcănești.
32. P. Postolache (IPB): Cîteva considerații asupra performanțelor generatorului fotoelectric.
33. P. Postolache (IPB): Utilizarea celulelor fotoelectrice pentru alimentarea televizoarelor.
34. Gh. Voicu și C. Stria (ICEMENERG): Potențialul eolian în zona montană a R.S. România.
35. Gh. Voicu, C. Gălețușe ș.a. (ICEMENERG și IPB): Aerogenerator de 20 kW realizat în ICEMENERG.
36. V. Vărzaru (ICEMENERG): Posibilități de utilizare a energiei eoliene și solare pentru încălzire și prepararea apei calde menajere.
37. H. Moțit (IAMC Otopeni) și D. P. Dănescu (CUPSIC Buc.): Considerente privind posibilitatea utilizării în scopuri energetice a diferenței de temperatură subsol-atmosferă.
38. D. Manea (ICEMENERG): Posibilități de utilizare a surselor și tehnologiilor neconvenționale pentru încălzirea combinată a stațiilor electrice și a camerelor de comandă ale CHE.
39. A. Dănescu, S. Petrescu ș.a. (IPB): Cazan solar de apă caldă, cu concentratori cilindro-parabolici de 100 m^2, în soluție modulară.

Secția II — **Electroenergetică**

Raport general 1 — *Noi tendințe în metodele privind dezvoltarea și conducerea rațională a sistemelor electroenergetice complexe* (Raportor general: H. Cristea)

1. Gh. Bălan, J. Constantinescu și V. Neagu (ICEMENERG): Reducerea consumului propriu tehnologic în rețeaua de transport a SEN prin optimizarea nivelurilor de tensiuni.
2. Tr. Ionescu, M. Sîrbu și D. Caraivan (ICEMENERG): Dimensionarea liniilor electrice prin prisma reducerii pierderilor de energie.

3. H. Crișciu și E. Potolea (IPB) : Reducerea consumurilor proprii tehnologice în rețelele electroenergetice prin reglarea prizelor transformatoarelor și autotransformatoarelor.
4. O. Mustață, P. I. Ani ș.a. (IRE Suceava) : Programul de calcul pentru determinarea pierderilor tehnice de energie în rețelele electrice, adaptate la condițiile exploatării și organizării IRE.
5. R. Sfichi (IRE Suceava) : Considerații cu privire la pierderile de putere și energie în elementele rețelelor electrice care funcționează în regim deformant.
6. P. Dimo (membru coresp. Acad. R.S.R.), J. Constantinescu ș.a. (ICEMENERG) : Determinarea comportării dinamice a sistemului energetic pe intervale mari de timp, urmare a unor perturbații succesive în sistem.
7. J. Constantinescu și I. Nicolae (ICEMENERG) : Metodă și program de calcul pentru analiza stabilității tranzitorii a sistemului electroenergetic național.
8. H. Crișciu și M. Eremia (IPB) : Algoritm și program de calcul privind stabilitatea tranzitorie a sistemelor electrice utilizînd diverse metode de integrare.
9. M. Eremia, H. Crișciu și I. Hațegan (IPB) : Aplicarea programării liniare în optimizarea parametrilor sistemelor de reglaj automat într-un sistem electroenergetic.
10. A. Butta (IP Timișoara) : Metodă de îmbunătățire a funcționării sistemelor electrice în regimuri tranzitorii.
11. E. Potolea, H. Crișciu (IPB) și E. Potolea (Lic. industr. energ. nr. 4 București) : Echivalenți pentru calculul regimurilor dinamice ale sistemelor electroenergetice.
12. M. Pomârleanu, L. Bejuscu și I. Radu (ICEMENERG) : Studiul contingențelor cu ajutorul echivalenților REI.
13. E. Potolea (IPB), R. Balaurescu (DEN) și M. Săndulescu (ISPE) : Calculul regimului staționar în rețelele electroenergetice cu echivalenți.
14. E. Potolea și H. Crișciu (IPB) : Echivalarea rapidă a rețelelor electroenergetice.
15. H. Albert, M. Bogan și M. Ciobanu (ISPE) : Elemente determinante în alegerea tipurilor de transformator pentru racordarea la sistem a grupurilor de mare putere.
16. I. Popescu, D. Lixăndroiu (Univ. Brașov) și A. Forje (ICEMENERG) : Studiul fiabilității sistemelor energetice, în cazul suspendării unor elemente, prin metoda trunchierii bilaterale.
17. P. Dimo (membru coresp. Acad. R.S.R.) : Modele REI — soluție generală pentru informatica viitoare a rețelelor de energie. Impactul estimatorului de stare și al microprocesorului.
18. R. Balaurescu (DEN) : Programul BALFAST — program de calcul și depunere a datelor nodale într-un fișier pentru studiul regimului permanent cu programul FAST.
19. I. Rențea, D. Mihăilescu și Gh. Georgescu (ICEMENERG) Asupra limitelor de funcționare stabilă a generatoarelor la separarea individuală sau în grup de sistem.
20. M. Stein și D. Mateescu (ISPE) : Posibilități de selectare a schemelor de racord la sistemul energetic al grupurilor de mare putere, cu ajutorul calculelor de siguranță.
21. E. Potolea și H. Crișciu (IPB) : Identificarea și estimarea parametrilor mașinii sincrone.
22. P. Buhuș, Gh. Comănescu (IPB), T. Popescu și P. Naidin (CS Călărași) : Indicatorii specifici pentru evaluarea investițiilor în liniile de distribuție cu izolația pentru 1,25—123 kV.
23. H. Cristea, V. Nechita și V. Matei (ICEMENERG) : Indentificarea sistemelor automate de reglare a excitației folosind semnale de probă deterministe.
24. Gh. Savin ș.a. (IP Iași și IRE Iași) : Contribuții la analiza regimului deformant în nodurile de rețea prevăzute cu baterii de condensatoare pentru îmbunătățirea factorului de putere.

Raport general 2 — *Contribuții la creșterea calității exploatării și disponibilității instalațiilor de producere a energiei electrice în centralele M.E.E.* (Raportor general : D. Crețu)

25. D. Crețu, I. Hațegan și I. Martău (ICEMENERG) : Indicatorii operaționali ai alternatoarelor de 330 MW tip IMGB.
26. C. Cicirone, D. Dumitru ș.a. (ICEMENERG) : Aprecieri asupra sistemelor de excitație de la turbogeneratoarele de fabricație românească.
27. D. Martac, T. Kertesz ș.a. (ICEMENERG) : Extinderea domeniului de acordare a regulatoarelor automate de tensiune tip EPA 325 B și V de la grupurile de 200 MW TVV 200—2 și TVV 200—2A.
28. D. Martac și C. Cicirone (ICEMENERG) : Încălziri locale în rotorul turbogeneratorului de 135 MW tip SKODA.
29. D. Zlatanovici, I. Hațegan, Gh. Bălan și F. Engster (ICEMENERG) : Rezultatele obținute în comportarea în exploatare a izolației înfășurărilor statorice ale generatoarelor electrice.
30. D. Zlatanovici (ICEMENERG) : Generalizarea funcționării generatoarelor din SEN în regim subexcitat (capacitiv).
31. I. Martău (ICEMENERG) : Aspecte privind comportarea în exploatare a generatoarelor electrice din centralele M.E.E.
32. B. Guzun (IPB) : Evacuarea pierderilor de energie din hidroalternatoare.
33. C. Țințăreanu și D. Crețu (ICEMENERG) : Particularități ale microhidrocentralelor dotate cu generatoare asincrone.
34. G. Georgescu, Gh. Georgescu, D. Mihăilescu și I. Rențea (ICEMENERG) : Aspecte tehnico-economice privind compensarea locală a factorului de putere la bornele motoarelor sincrone.
35. Gh. Georgescu și C. Spătaru (ICEMENERG) : Performanțele separatoarelor magnetice tip overband funcție de condițiile de amplasare față de banda transportoare.
36. Al. Selișchi și C. Mucichescu (IPB) : Regimul tranzitoriu al generatoarelor sincrone și motoarelor serviciilor interne la scurtcircuite urmate de trecerea în funcționare insulară sau de resincronizare.
37. Gh. Negoiță (ISPE) : Schema electrică a serviciilor proprii de la CTE Anina.
38. N. Oprișiu, Gh. Bălan, V. Dobre și L. Canciu (ICEMENERG) : Determinări teoretice și experimentale privind comportarea serviciilor proprii din centralele electrice în regimuri dinamice.
39. N. Oprișiu (ICEMENERG) : Aspecte privind determinarea aportului motoarelor asincrone la scurtcircuit pe barele serviciilor proprii din centralele electrice.
40. L. Canciu, N. Oprișiu și V. Dobre (ICEMENERG) : O nouă metodă de calcul al regimurilor de pornire și autopornire în rețeaua serviciilor interne ale centralelor termoelectrice.

Raport general 3 — *Preocupări actuale pentru creșterea performanțelor tehnice și fiabilității echipamentului electric de comutație și transformare, în contextul siguranței în funcționare a SEN* (Raportor general : E. Mihalcea)

41. D. Irimia și M. Defta (CCSIT „Electroputere"-Craiova) : Metodă și instalație de diagnosticare a comportării la scurtcircuit brusc a transformatoarelor de putere.
42. D. Cernomazu (IRE Bacău — URTAE Roman) : Considerații privind comportarea în exploatare a comutatoarelor de prize de tip liniar. Contribuții la perfecționarea lor.
43. G. Mangu (M.E.E.) : Influența solicitărilor din exploatare asupra duratei de viață a echipamentelor electroenergetice.
44. M. Defta (CCSIT „Electroputere"-Craiova) : Instalație pentru determinarea tensiunii tranzitorii de restabilire.
45. I. Suciu, I. Delesega și N. Fîntînă (IP Timișoara) : Vibrația contactelor de rupere la conectarea pe scurtcircuit.
46. B. Guzun (IPB) : Efectul Coandă în ameliorarea performanțelor camerelor de stingere ale întreruptoarelor.
47. M. Defta (CCSIT Electroputere) : Schemă pentru înregistrarea curenților postarc.
48. G. Curcanu (CCSIT Electroputere) și P. Tușaliu (Univ. Craiova) : Determinarea capacității de comutație în diverse regimuri ale întreruptoarelor de medie tensiune din fabricația IEPC în concordanță cu normele de încercări străine.

49. G. Curcanu (CCSIT Electroputere) : Asupra comportării întreruptoarelor de medie tensiune de fabricație IEPC în regimuri speciale de încercare în laboratorul de mare putere.
50. V. Onu (ICEMENERG) : Comportarea întreruptoarelor de medie tensiune la temperaturi scăzute.
51. Gh. Bălan și V. Onu (ICEMENERG) : Comportarea întreruptoarelor de medie tensiune din sistem la deconectarea curenților capacitivi ai bateriilor de condensatoare.
52. Al. Curelaru (ICEMENERG) : Comportarea întreruptoarelor de medie tensiune la comutație în regim de RAR dublu și dublă punere la pământ.
53. V. Onu (ICEMENERG) și G. Curcanu (CCSIT Electroputere) : Repartiția tensiunii tranzitorii de restabilire pe camere de stingere la întreruptoare de înaltă tensiune tip IO, la deconectare în regim de scurtcircuit la borne.
54. Al. Curelaru (ICEMENERG) : Studiul comportării aparatajului electric de înaltă tensiune în condiții de seism.
55. V. Onu și V. Angelescu (ICEMENERG) : O nouă concepție privind verificarea stabilității termice și dinamice a echipamentelor electroenergetice.
56. Al. Curelaru (ICEMENERG) : Experimentări pentru realizarea și introducerea în exploatare a echipamentului electric capsulat în SF_6.
57. Gh. Bălan, E. Mihalcea și V. Onu (ICEMENERG) : Stația de mare putere a ICEMENERG — o importantă bază experimentală pentru verificarea fiabilității echipamentelor electroenergetice.
58. M. Stoichiță (ICEMENERG) : Contribuții la îmbunătățirea schemelor stațiilor de 110 kV ținînd cont de indicatorii specifici de fiabilitate ai echipamentelor utilizate.
59. D. Vărgatu, C. Tivig (ICEMENERG), Al. Selischi și B. Guzun (IPB) : Comportarea la probe de anduranță mecanică a întreruptoarelor USOL. Concluzii și propuneri de îmbunătățire a siguranței în funcționare.
60. L. Moldovan și Al. Vasilievici (IP Timișoara) : Asupra selectivității protecției echipamentelor electrice de joasă tensiune împotriva scurtcircuitelor.

Raport general 4 — *De la analiza teoretică la cercetarea experimentală și realizarea aparaturii de încercare în tehnica tensiunilor înalte* (Raportor general : Elena Mumjinschi)

61. D. Cristescu și P. Postolache (IPB) : Eficacitatea ecranării asigurate de conductorul de protecție.
62. R. Enache (ICEMENERG) și B. Nicoară (IPB) : Model matematic pentru studiul propagării undelor electrice pe liniile de înaltă tensiune.
63. G. Drăgan și R. Enache (IPB) : Aspecte ale calculului riscului de descărcare la supratensiuni interne.
64. R. Enache și R. Țenovici (IPB) : Aspecte ale determinării, pe baze statistice, a fazei tensiunii la conectarea unei linii electrice aeriene de înaltă tensiune.
65. P. Tușaliu (Univ. Craiova) și T. Bălășoiu (Într. utilaj greu Craiova) : Echivalențe în domeniul supratensiunilor de comutație, dintre impulsul dublu exponențial și impulsul oscilant.
66. L. Bratu, Gh. Bălan, A. Bratu și R. Enache (ICEMENERG) : Probleme legate de coordonarea izolației în instalațiile de distribuție ale serviciilor interne din centralele electrice.
67. M. Popescu, D. Stănescu și A. Oneț (ICEMENERG) : Încercarea cu tensiune de impuls 1,2/50 a echipamentului electric de 6—110 kV de fabricație românească. Zece ani de probe efectuate în sistemul energetic național.
68. D. Stănescu, V. Epure ș.a. (ICEMENERG, ICPE și APAT Cîmpina) : Instalație complexă mobilă de încercări cu impuls de tensiune — LMIT 300/100.
69. F. Bădulescu (ICEMENERG) : Avertizor de descărcări atmosferice — ADA.
70. P. Tușaliu (Univ. Craiova), G. Curcanu (CCSIT Electroputere) și R. Chelaru (Univ. Craiova) : Influența capacităților parazite asupra repartiției tensiunilor înalte pe lanțuri de izolatoare.
71. A. Oneț, B. Minteanschi, D. Stănescu și Gh. Stoian (ICEMENERG) : Încercarea la poluare artificială a descărcătoarelor cu rezistență variabilă.
72. A. Bratu, L. Bratu, G. Mihail și B. Popa (ICEMENERG) : Probleme actuale și de perspectivă privind comportarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă la supratensiuni de comutație.
73. C. Chiciu (CCSIT Electroputere) și M. Zaiu (Electroceramica Turda) : Asupra comportării descărcătoarelor cu rezistență variabilă în condițiile verificării funcționării limitatorului de presiune.
74. M. Nestor, L. Boaru, E. Mumjinschi și G. Liceica (ICEMENERG) : Comportarea în atmosferă umedă și sub condens a echipamentelor cu izolație din rășini epoxidice.
75. E. Mumjinschi, V. Popescu ș.a. (ICEMENERG) : Răspunsul în regim tranzitoriu al transformatoarelor de curent de 110 și 220 kV utilizate pentru alimentarea protecțiilor prin relee rapide.

Raport general 5 — *Noi procese în proiectarea, întreținerea și exploatarea instalațiilor electrice* (Raportor general : C. Drăghicescu)

76. Gh. Bălan și N. Badea (ICEMENERG) : Metodă simplă de determinare a parametrilor LEA de înaltă tensiune.
77. Al Tănăsescu (SCPRE Buc.), T. Ișfanu (APAT Cîmpina), M. Russ și H. Mărieș (SCPRE Buc.) : Prizele de pământ echivalente din posturile de transformare și punctele de alimentare în cazul rețelelor de cabluri de 20 kV cu neutrul tratat prin rezistență.
78. B. Mathe, S. Pispiris și V. Barbu (ICEMENERG) : Metode de investigare operațională a fiabilității rețelelor electrice în cablu.
79. G. Liceica, E. Mumjinschi ș.a. (ICEMENERG) : Descărcările parțiale, mijloc de control al calității cablurilor cu izolație din polietilenă.
80. N. Șorea (IRE Suceava) : Contribuții la studiul vibrațiilor conductoarelor liniilor electrice aeriene în vederea măririi siguranței în exploatare.
81. Al. Albrecht (ICEMENERG), G. Winter ș.a. (IFTM Buc.) : Cercetări privind reducerea solicitărilor mecanice provocate de vînt la conductoarele LEA.
82. I. Prelipcean și R. Sfichi (IRE Suceava) : Considerații privind realizarea LEA 6(20) kV cu conductor de nul în rețeaua cu neutru tratat prin rezistență.
83. M. Nemeș, C. Ivașcu, C. Velicescu și I. Besoiu (IP Timișoara) : Optimizarea rezistenței de limitare în rețelele cu neutrul tratat prin rezistor.
84. Gh. Bălan și L. Goia (ICEMENERG) : Rezistență pentru tratarea neutrului rețelelor de medie tensiune.
85. Al. Tănăsescu (SCPRE Buc.) și T. Ișfanu (APAT Cîmpina) : Parametrii cablurilor în regim de scurtcircuit monofazat. Reactanțe inductive.
86. L. Goia ș.a. (ICEMENERG) și M. Stănescu (CNST) : Contribuția ICEMENERG la optimizarea instalațiilor de legare la pământ.
87. S. Pispiris (ICEMENERG) : Înregistrări ale potențialelor prizelor de pământ ale stațiilor de 110—220 kV și compararea lor cu valorile calculate.
88. L. Goia, E. Tița ș.a. (ICEMENERG) : Tehnologii noi propuse de ICEMENERG în vederea creșterii siguranței în exploatare a instalațiilor electroenergetice.
89. N. Badea și C. Niculescu (ICEMENERG) : Instalație de balizaj de noapte pe LEA de înaltă tensiune. Metode de calcul și proiectare.
90. L. Goia, C. Pantazi ș.a. (ICEMENERG) : Perfecționarea normelor și mijloacelor de protecție a muncii utilizate la lucrări în instalații electrice.

Raport general 6 — *Sarcinile și unele concluzii ale psihologiei aplicate și ale psiho-ergonomiei în sectorul energetic* (Raportor general : Gh. Pătru)

91. Gh. Pătru (ICEMENERG) : Caracteristicile relației om-muncă-mediu în specificul energetic.
92. S. Petică (ICEMENERG) : Unele aspecte ergonomice ale activităților desfășurate la liniile electrice aeriene.
93. M. Crăciunescu (ICEMENERG) : Model de analiză preferențială la microgrupuri de muncă la o electrocentrală.

94. L. Stănescu și L. Reștea (ICEMENERG) : Personalitatea șefului de echipă din întreprinderile de producere, transport și distribuție a energiei electrice.
95. M. Eftimie (ICEMENERG) : Perfecționarea metodelor de testare a aptitudinilor, de determinare a cerințelor și afectării personalului pe posturi.
96. T. Dimitropol (ICEMENERG) și M. Stănescu (IDEB) : Aportul tehnicilor proiective în investigația de psihologie organizațională (rolul și statutul maistrului din sectorul energetic).
97. V. Căpitănescu (ICEMENERG) : Specificul activității de conducere auto în șantierele de construcții-montaj energetice.
98. D. Simion (ICEMENERG) : Tipuri psihologice de muncă în sectorul electromontaj.

Secția III — **Termoenergetică**

Raport general 1 — *Îmbunătățirea arderii combustibililor solizi, funcționarea sigură și economică a cazanelor de abur din centralele termoelectrice* (Raportor general : Mircea Rădulescu)

1. T. Popa, M. Rădulescu, G. Chercea ș.a. (ICEMENERG) : Direcții de cercetare pentru limitarea consumului de hidrocarburi suport de flacără.
2. T. Popa, G. Chercea, D. Pillat ș.a. (ICEMENERG) : Utilizarea șisturilor bituminoase drept combustibil de bază în centralele termoelectrice de mare putere.
3. I. Dănilă și A. Roșu (ICEMENERG) : Grătarul de postardere basculant de la cazanul de 645 t/h din CTE Rovinari.
4. I. M. Ionescu, I. Müller, P. Gheorghe și M. Constantin (ICEMENERG) : Limitarea pierderilor de combustibil prin nearse mecanice în zguri și arderea completă a masei combustibile în centrale termoelectrice pe ligniți.
5. M. Postelnicescu, N. Pănoiu, L. Mihăescu (IPB), D. Bicleșeanu și A. Rădulescu (ICSITEEMR) : Modelarea arzătorului cu fante cu flacără plată.
6. G. Chercea, C. Totolo și I. Bolma (ICEMENERG) : Modelarea fizică a proceselor de curgere în focare în scopul reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă.
7. I. M. Ionescu, M. Constantin ș.a. (ICEMENERG) : Valorificarea prin ardere în stare pulverizată a deșeurilor (sterilelor) rezultate din preparațiile de huilă din Valea Jiului.
8. M. Rădulescu (ICEMENERG) : Cercetări experimentale pentru îmbunătățirea schemei și regimurilor de pornire a cazanului de 1035 t/h pe lignit.
9. A. Gonciar (IE Brăila) : Soluții concrete de rezolvare a deficiențelor întîlnite la exploatarea cazanelor pe combustibil lichid cu conținut ridicat de sulf.
10. D. V. Pillat (ICEMENERG) : Aspecte privind cercetarea eroziunii de către cenușă a economizoarelor cazanelor de abur.
11. H. Bednar, A. Forje ș.a. (Univ. Brașov și ICEMENERG) : Asupra unor aspecte privind o reconsiderare a noțiunilor și elementelor de standard în cazul fizico-chimiei arderii și exploziilor.
12. S. Nibeleanu (ICEMENERG) : Cercetarea posibilității stocării cărbunilor bruți în timp, în buncăre la termocentrale în caz de avarii.
13. R. Popescu și S. Nibeleanu (ICEMENERG) : Cercetări privind evitarea exploziilor și incendiilor la instalațiile cu combustibili solizi.
14. M. Ploscaru (ICEMENERG) : Creșterea siguranței în exploatare a paletelor ventilatoarelor de gaze din CTE Rovinari.

Raport general 2 — *Aspecte din activitatea privind mărirea siguranței în funcționare a echipamentelor energetice și recondiționarea de piese* (Raportor general : A. Zabunov)

15. L. Turcu (ICEMENERG) : Aspecte privind utilizarea în condiții de siguranță a conductelor de abur a căror durată de exploatare a depășit durata calculată de funcționare.
16. L. Turcu și V. Grăpinoiu (ICEMENERG) : Aspecte mecano-metalurgice rezultate în urma examinării unei avarii la o conductă de abur viu.
17. C. Cocoș, I. Forje ș.a. (ICEMENERG) : Aspecte privind cauzele spargerilor de țevi la cazanele din CTE Rovinari și CTE Turceni.
18. A. Zabunov, I. Bogdan ș.a. (ICEMENERG și IE Rovinari) : Asupra stabilirii unor tehnologii de sudură și tratament termic la lucrări de reparații cu caracter de unicat.
19. A. Zabunov, I. Demetru (ICEMENERG) și G. Teodorescu (IFTM Buc.) : Aspecte privind controlul nedistructiv al stării tamburilor cazanelor de abur.
20. A. Zabunov, S. Alexandrescu și R. Câmpan (ICEMENERG) : Aspecte mecano-metalurgice ale deteriorării scaunelor ventilatoarelor de by-pass înaltă presiune de la cazanele de 1035 t/h și tehnologia de remediere a acestora.
21. A. Zabunov (ICEMENERG), G. Teodorescu (IFTM Buc.), E. Dascălu și I. Cotoc (IRNE Pitești) : Aspecte privind aplicarea metodei analizei emisiei acustice la controlarea unor subansamble ale agregatelor energetice.
22. C. Cocoș, R. Câmpan (ICEMENERG) și V. Albu (URAC Buc.) : Recondiționarea axelor din componența agregatelor energetice prin metalizare cu aliaje micropulverizante.
23. I. Bogdan, I. Forje ș.a. (ICEMENERG) : Repararea și tratamentul termic efectuat în condiții dificile la un tambur avariat de la un cazan de abur de înaltă presiune.
24. M. Mitroi, I. Antonescu și V. Stratulat (ICEMENERG) : Măsurarea tensiunilor în punctele caracteristice ale unei conducte de Al înglobată în beton, cu metoda tensometriei electrice rezistive.
25. I. Drăghici, I. Cismaru ș.a. (Univ. Brașov, ICEMENERG și IMGB) : Instalație românească de încercat la fluaj și relaxare a oțelurilor.

Raport general 3 — *Contribuții referitoare la siguranța echipamentelor și la economicitatea turbinelor cu abur și a termoficării* (Raportor general : R. Opincaru)

26. C. I. Staicu și R. Munteanu (ICEMENERG) : Ecran termic în camera treptei de reglare la turbinele K-200—130-LMZ.
27. I. Mihail și R. Opincaru (ICEMENERG) : Aspecte privind fiabilitatea turbinelor DSL 50 și posibilități de creștere a acesteia.
28. C. Moțoiu și F. Alexe (IPB) : Asupra posibilității folosirii turbopompelor de alimentare în centralele de termoficare.
29. M. Popovici, M. Liță, N. Kertesz și G. Apetrei (ICEMENERG) : Adoptarea sistemului de reglaj al turbinelor DSL 50 pentru funcționarea în regim de contrapresiune.
30. I. Munteanu (ICEMENERG Sibiu) : O mărime utilizabilă la identificarea inerției termice a instalațiilor complexe.
31. Gh. Stoica (ICEMENERG) : Metode moderne de culegere și prelucrare a datelor de măsurare ; introducerea lor la instalațiile de turbine cu abur.
32. G. Hobeanu (IPB) : Eficiența tehnico-economică a turbinelor cu abur de mică putere.
33. D. Goliciu (ICEMENERG) : Contribuții la postcalculul consumului specific de combustibil pentru controlul funcționării economice a centralelor termoelectrice.
34. L. Popper (IE Buc.) : Urmărirea, analiza și programarea activității de mers economic în centralele electrice de termoficare.
35. T. Grecu, Gh. Hobeanu ș.a. (IPB, ISPE și ICEMENERG) : Posibilități de prelevare suplimentară de abur din turbine, în regim de priză pseudoreglabilă sau reglabilă.
36. A. Leca și D. Milițescu (IPB) : Posibilități de utilizare a materialelor plastice în tehnica schimbătoarelor de căldură.
37. A. Leca, M. Leca ș.a. (IPB) : Reducerea energiei de pompare la curgerea lichidelor cu ajutorul aditivilor.
38. L. Lup (ISPE) : Limite ale oportunității termoficării.
39. L. Oancea (IE Ploiești) : Metodă de verificare a calității livrării căldurii produse în termoficare pentru încălzirea serelor.

Secția IV — **Chimie în energetică și protecția mediului înconjurător**

Raport general 1 — *Tratarea apei și controlul analitic al indicatorilor de calitate în centralele termoelectrice* (Raportor general : Al. Turasy)

1. A. Niculescu (ICEMENERG) : Reducerea consumurilor specifice de reactivi și apă tehnologică în instalațiile de demineralizare.
2. Al. Turasy, A. Bolma ș.a. (ICEMENERG, CET Palas, IE Mureș și CET Borzești) : Performanțele schimbătorilor de ioni românești în instalațiile de tratare a apei.
3. M. Maftei, M. Grama ș.a. (ICEMENERG) : Eficiența și perspectivele de aplicare la tratarea apei în centrale termoelectrice a gamei de activatori de coagulare indigeni.
4. M. Maftei, Al. Turasy ș.a. (ICEMENERG și CET Oradea) : Caracteristicile de calitate a apelor geotermale și implicațiile la valorificarea energetică.
5. E. Chirica (ICEMENERG) : Tehnologii moderne nepoluante de tratare a apei.
6. M. Zabunov (ICEMENERG) : Filtrarea electromagnetică a apei de alimentare a cazanelor.
7. B. Grama, G. Petrescu ș.a. (ICEMENERG) : Metode de analiză chimică unificată pentru urmărirea funcționării instalațiilor de tratare a apei din centralele termoelectrice.
8. G. Petrescu (ICEMENERG) : Posibilitatea și precizia de determinare a silicei coloidale din apa de alimentare a cazanelor de abur.
9. B. Goilav (ICEMENERG) : Determinarea în urme a polimerilor utilizați ca activatori de coagulare în centralele termoelectrice.
10. T. Gooss (ICEMENERG) : Metodă de depistare a infiltrațiilor mici de apă de răcire în condensatoarele de abur în funcțiune.

Raport general 2 — *Combaterea coroziunii și depunerilor și introducerea în centralele termoelectrice a unor materiale noi* (Raportor general : Nectara Funduca)

11. N. Funduca (ICEMENERG) : Soluții de protecție anticorosivă pentru coșurile de fum metalice și canalele de gaze de ardere aferente.
12. E. Crețu (ICEMENERG) : Metode moderne pentru studiul coroziunii locale a oțelurilor utilizate în CTE.
13. E. Crețu și A. Dan (ICEMENERG) : Asupra regimului chimic de funcționare a instalațiilor schimbătoare de căldură și a instalațiilor de termoficare și implicațiile acestuia în apariția coroziunii.
14. F. Busuioc, T. Beziris, M. Chirica și E. Chirica (ICEMENERG) : Aplicarea spălării chimice și rezultatele obținute la cazanele de abur de 120 t/h din CET Banias — RA Siria.
15. M. Maftei, F. Bereș ș.a. (ICEMENERG și IE Deva) : Metodă de spălare chimică a circuitelor de transport hidraulic al zgurii și cenușii.
16. M. Maftei, F. Bereș ș.a. (ICEMENERG și IE Deva) : Procedeu și instalație pentru prevenirea formării crustelor în circuitele de transport hidraulic al zgurii și cenușii prin desulfurarea gazelor de ardere.
17. L. Cioroianu și V. Munteanu (ICEMENERG) : Bile de cauciuc spongios pentru curățirea circuitelor în vederea măririi schimbului de căldură.
18. L. Cioroianu și R. Sdirea (ICEMENERG) : Vopsea antiincendiară pentru protejarea cablurilor electrice.
19. Al. Țuțuianu și N. Funduca (ICEMENERG) : Noi materiale termoizolante pentru conductele termice și rețelele de termoficare din centralele termoelectrice.

Raport general 3 — *Calitatea combustibililor și a uleiurilor de turbină și transformator* (Raportor general : Viorica Neațu)

20. E. Gatman, E. Antoniu și A. I. Penu (ICEMENERG) : Caracteristicile petrografice ale lignitilor din bazinul carbonifer Rovinari și implicațiile acestora în CTE.
21. Th. Bodu, M. Maftei, V. Neațu și M. Matei (ICEMENERG) : Posibilități de separe a zgurii existente în depozitele de cenușă și zgură ale centralelor termoelectrice prin procedeul cu sită vibratoare.
22. M. Precup (ICEMENERG) : Considerații asupra variației caracteristicilor de calitate a cenușilor de la electrofiltre și rapidității metodelor de analiză a acesteia în vederea livrării la consumator.
23. V. Bălan (ICEMENERG) : Caracteristicile energetice ale șisturilor bituminoase din bazinul Anina-Doman pentru centralele termoelectrice.
24. V. Neațu, M. Matei și P. Dordea (ICEMENERG) : Stadiul actual al generalizării procesului de aditivare a păcurii sulfuroase și probleme legate de aplicare.
25. M. Precup (ICEMENERG) : Posibilități de realizare în țară a aparaturii de măsură și control chimic necesare urmăririi efectelor dozării aditivului în păcura sulfuroasă.
26. S. Panțu (ICEMENERG) : Tehnologii de tratare, manipulare și conservare a uleiurilor electroizolante în exploatare.
27. Gh. Fischer și E. Mumjinschi (ICEMENERG) : Contribuții ICEMENERG în prevenirea avariilor la transformatoarele de mare putere din exploatare, prin analize de gaze dizolvate în ulei electroizolant.
28. W. Gooss (ICEMENERG) : Comportarea în exploatare a uleiurilor folosite la turbinele hidraulice și cu abur din centralele electrice.
29. H. Bednar, V. Bednar ș.a. (Univ. Brașov, IRE Sibiu și IRE Brașov) : Studiul fiabilității uleiurilor electroizolante.

Raport general 4 — *Protecția mediului înconjurător* (Raportor general : C. Moțiu)

30. L. Lup și P. Drechsler (ISPE) : Influența asupra mediului ambiant a centralelor termoelectrice de mare putere.
31. C. Moțiu (ICEMENERG), N. Romanof (IMH) și R. Schmidt (ISPE) : Studiul dispersiei SO_2 în zona termocentralei Mintia.
32. R. Șerban și I. Moroianu (IMH) : Studiul teoretic al dispersiei SO_2 în jurul termocentralei Anina.
33. A. Radu (IPI), M. Maftei și C. Moțiu (ICEMENERG) : Modelarea fizică în canalul hidraulic a dispersiei poluanților în atmosferă în jurul centralelor termoelectrice.
34. M. Dumitru și R. Șerban (IMH) : Considerații privind utilizarea regresiei liniare multiple în prognoza poluării aerului.
35. O. Sima și C. Dovlete (IMH) : Elaborarea unor prognoze de supraveghere a radioactivității aerului în vecinătatea unei centrale nuclearoelectrice.
36. S. Butoi, O. Sima ș.a. (IMH) : Studiu asupra conținutului de radionuclizi al sedimentului din Dunăre în 1979.

Secția V — **Hidrotehnica în centralele electrice**

Raport general 1 — *Contribuții la rezolvarea unora dintre problemele legate de partea hidro a centralelor termoelectrice* (Raportor general : D. Ionescu-Sisești — ICEMENERG)

1. S. Ciobanu și C. Dumitru (ICEMENERG) : Contribuția cercetărilor la optimizarea tehnico-economică a turnurilor de răcire în contracurent din România.
2. C. Dumitru și S. Ciobanu (ICEMENERG) : Unele concluzii rezultate din măsurătorile efectuate la turnuri de răcire din exploatare.
3. E. Cinski (ICEMENERG) : Soluție generalizată de calcul aerodinamic pentru turnuri de răcire în contracurent cu tiraj natural.
4. Fl. Ardeleanu, P. Ghițescu-Treanță ș.a. (ICEMENERG) și A. Măruță (ICB) : Optimizarea funcționării unor centrale termoelectrice care utilizează apa aceluiași riu.
5. Fl. Ardeleanu (ICEMENERG) și A. Măruță (ICB) : Considerații privind implicațiile tranzitării pe canalul Dunăre-Marea Neagră a unui debit de apă încălzită, provenit de la CNE Cernavodă.
6. D. Ionescu-Sisești (ICEMENERG) : Transportul hidraulic prin conductă al unor concentrate de cupru și zinc în Peru.

7. S. Georgescu (ICEMENERG) : Soluții noi pentru protecția antiabrazivă a pompelor și conductelor de hidrotransport — zgură și cenușă din CTE.
8. T. Ionescu (ICEMENERG) : Posibilități de introducere a tuburilor din rășini sintetice în instalațiile energetice.
9. C. Ionescu, A. Ghițescu și F. Ștefan (ICEMENERG) : Realizări în domeniul aparatajului de măsură și control în energetică.
10. Fl. Ardeleanu, P. Treanță-Ghițescu ș.a. (ICEMENERG și ICB) : Protecția mediului acvatic și căldura reziduală evacuată de către centralele termo și nuclearoelectrice.

Raport general 2 — *Modalități și metode noi privind exploatarea modernă, optimă a centralelor hidroelectrice* (Raportor general : Gh. Cosma)

11. Al. Diaconu, I. Seteanu și R. Popa (IPB) : Gospodărirea sezonieră a stocurilor afluente pentru sistemele de CHE în cascadă.
12. Al. Diaconu, I. Seteanu, R. Popa (IPB) și V. Coliban (ISPH) : Efectul interinfluenței jeturilor de ejecție asupra funcționării turbinelor axiale.
13. D. Georgescu, A. Stănculeasa și Gh. Cosma (ICEMENERG) : Contribuția la tehnologia măsurării expeditionare a debitului la centralele fluviale.
14. P. Dinescu și Gh. Cosma (ICEMENERG) : Grinda mobilă pentru măsurarea debitelor cu ajutorul moriștilor hidrometrice.
15. Gh. Cosma și O. Cosma (ICEMENERG) : Modalități interdisciplinare de reducere a erorii de determinare a unor mărimi complexe. Teoria spațiului informațional anizotrop.
16. Gh. Cosma și P. Dinescu (ICEMENERG) : Contribuții la păstrarea în timp a preciziei debitmetriei morfologice în exploatarea CHE.
17. Gh. Cosma, G. Lauric și L. Marinescu (ICEMENERG) : Cu privire la valabilitatea calculelor aproximative pe teren, la determinarea randamentelor turbinelor în centrale hidroelectrice fluviale.
18. Gh. Popa și G. Stănciulescu (ICEMENERG) : Metodă de prognoză hidro a apelor mici din sezonul cald, în bazinele amenajate hidroenergetic.
19. Gh. Popa și G. Stănciulescu (ICEMENERG) : Model de calcul al parametrilor în prognoza hidroenergetică anuală în bazinele amenajate hidroenergetic.
20. P. Dinescu și D. Georgescu (ICEMENERG) : Simplificarea determinării randamentelor absolute la două turbine din aceeași centrală hidroelectrică, cu ajutorul măsurărilor relative.

Secția VI — **Automatică, informatică și conducere în energetică**

Raport general 1 — *Automatică în energetică* (Raportor general : V. Budașcă)

1. S. Livezeanu și Th. Ciselski (ICEMENERG) : Aspecte teoretice și practice în activitatea de verificare a cablajelor la circuitele de reglare ale centralelor termoelectrice.
2. M. Eremia și H. Crișciu (IPB) : Studiul parametric al influenței RAT și RAV asupra stabilității la mici perturbații a sistemelor electrice.
3. V. Vlad, M. Liță și C. Puișor (ICEMENERG) : Realizări în domeniul automatizării complexe a punctelor termice urbane.
4. Z. Frățilă (ICEMENERG) și G. Stroe (IPB) : Metodologie de determinare/verificare a indicilor de fiabilitate pe bază de probe accelerate la aparatura de automatizare.
5. L. Hajos (ISPE) : Particularități ale protecției prin relee a stațiilor de înaltă tensiune cu scheme poligonale.
6. L. Hajos și D. Glodeanu (ISPE) : Unele aspecte ale teleprotecției în sistemele energetice.
7. E. Costiner, S. Costiner ș.a. (ICEMENERG) : Elaborări de dispozitive de protecție prin relee și de automatică pentru nevoile sistemului energetic.
8. A. Vasilievici și L. Moldovan (IP Timișoara) : Asigurarea controlului împotriva manevrelor greșite în schemele de comandă ale aparatajului electric.
9. Gh. Ijac, M. Diaconescu ș.a. (CIC Azomureș și IP Iași) : Rezultatele unor cercetări experimentale privind posibilitățile de îmbunătățire a stabilității de funcționare a sistemelor de acționare cu motoare sincrone.
10. M. Diaconescu, Gh. Savițescu ș.a. (IP Iași și CIC Azomureș) : Raport privind rezultatele de experimentare a comportării în funcționare a unor sisteme de acționare cu motoare sincrone comandate de o instalație comună pentru optimizarea unor procese ale acestor sisteme.
11. N. Murariu (IRE Suceava) : Realizări în activitatea de autodotare la IRE Suceava. Posibilități de generalizare a lor prin ICEMENERG
12. V. Budașcă, E. Pană ș.a. (ICEMENERG) : Probleme și soluții tehnologice privind îmbunătățirea calității și fiabilității produselor ICEMENERG.
13. Gh. Iliesi (ICEMENERG) : Ansamblu generator-receptor pentru localizarea defectelor în cablurile subterane.
14. Gh. Gâdea (ICEMENERG) : Panou sinoptic, mozaic cu aparatură inclusă tip PSM-C.
15. V. Budașcă și I. Boroș (ICEMENERG) : Regulator automat de tensiune pentru transformatoare sub sarcină, tip RATT-4.
16. V. Budașcă și A. Mănatu (ICEMENERG) : Aparat pentru măsurat prize de pământ APP-4.
17. P. Budașcă (ICEMENERG) : Traductoare de mărimi electrice U, I, P, Q de tip TETA.
18. P. Budașcă (ICEMENERG) : Sumator de mărimi electrice.
19. Z. Lăzărescu (ICEMENERG) : Indicator selectiv pentru telecomandă centralizată.
20. Z. Lăzărescu (ICEMENERG) : Detector de metale pentru benzile transportoare de cărbune — ADM.
21. M. Macovei (ICEMENERG) : Generator de coduri pentru telecomandă centralizată.
22. L. Pascu și I. Boroș (ICEMENERG) : Analizor de funcții de transfer TFA-7601.
23. L. Pascu și I. Boroș (ICEMENERG) : Generator de precizie de 50 Hz Gp-50.
24. D. Mihalcea-Pietroșanu (ICEMENERG) : Amplificator de putere pentru utilizări PRAM.
25. E. Samson și M. Vodarici (ICEMENERG) : Studiu privind comportarea în exploatare a produselor ICEMENERG.
26. I. Turcu (ICEMENERG) : Detectoare de gaze combustibile cu semiconductori.
27. M. Istrate și A. Manta (CCSIT Craiova) : Aparate și dispozitive de măsură pentru măsurarea temperaturilor sub potențial ridicat.
28. C. Berbece (ICEMENERG) : Posibilități de reglare numerică multiparametrică a variabilelor tehnologice ale grupurilor termoenergetice.
29. C. Berbece (ICEMENERG) : Structuri multiprocesoare cu fiabilitate ridicată pentru conducerea proceselor termoenergetice.
30. C. Berbece, I. Lupașcu (ICEMENERG), M. Brozici (ICE) și A. Filip (IE Rovinari) : Supravegherea funcționării protecțiilor tehnologice cu ajutorul unui microcalculator la un grup de 330 MW.
31. M. Irimia (ICEMENERG) : Optimizarea producerii și distribuției căldurii la o centrală electrică cu termoficare, cu ajutorul unor echipamente de calcul, bazate pe minicalculatoare.
32. Al. Blada și Gh. Apetrei (ICEMENERG) : Optimizarea exploatării lacurilor și cascadelor de centrale hidroelectrice.
33. E. Urcan (ICEMENERG) și D. Săndulache (DEN) : Optimizarea exploatării pe termen lung a marilor lacuri de acumulare.
34. I. Cserveny, E. Urcan, Al. Blada (ICEMENERG) și A. Simedru (IE Porțile de Fier) : Stabilirea funcțiunilor și configurației sistemului de calcul pentru optimizarea exploatării centralei hidroelectrice Porțile de Fier.

Raport general 2 — *Informatică și conducere în energetică*
(Raportor general: M. Duma)

1. M. Duma, S. Felea ș.a. (ICEMENERG, DEN și IMB): Programul de studii și cercetări privind analiza și fundamentarea unor soluții și caracteristici tehnice pentru sistemul teleinformatic al DEN. Principalele rezultate și concluzii.
2. S. Felea, M. Duma, Al. Emanoil și I. Vișan (ICEMENERG): Concepții, soluții și instrumente de calcul elaborate pentru cercetarea sistemelor complexe cu ajutorul metodei simulării statistice.
3. S. Felea (ICEMENERG): Concepția, structurarea funcțiunilor interne și soluția tehnică de ansamblu pentru sistemul de exploatare a unei baze de date tehnico-economice.
4. S. Felea, Gh. Pribiag ș.a. (ICEMENERG, CIPEET și CIRE): Conținutul actualului sistem de indicatori tehnico-economici, reflectat într-o bază de date pentru activitatea de planificare la nivelul centralelor industriale din cadrul M.E.E.
5. I. Vișan, S. Felea și E. Vintilescu (ICEMENERG): Procedură pentru stocarea și întreținerea informației privind sistemul de indicatori tehnico-economici din cadrul unei baze de date.
6. M. Cuciureanu și S. Felea (ICEMENERG): Procedură de încărcare/actualizare periodică a valorilor de indicatori în cadrul unei baze de date tehnico-economice.
7. O. Mustață și M. Daneliuc (IRE Suceava): Realizări în cadrul sistemului informatic de conducere al întreprinderilor de rețele electrice de distribuție.
8. R. Tecuceanu, P. I. Ani ș.a. (IRE Suceava și CTCE Suceava): Realizări la IRE Suceava în tehnica prelucrării datelor.
9. I. Conecini și G. Raliță (IRE București): Introducerea prelucrării automate a datelor din activitatea de exploatare-întreținere a instalațiilor electrice din IRE București.
10. I. Pivniceru (ISPE): Terminale „inteligente" pentru supraveghere și telecomandă centralizată în rețele electrice de distribuție.
11. Al. Emanoil, S. Felea ș.a. (ICEMENERG și CIPEET): Program de cercetare-proiectare de sisteme informatice pentru analiza și urmărirea mersului economic al centralelor termoelectrice.
12. Al. Emanoil (ICEMENERG): Prelucrarea, memorarea și utilizarea în calculul automat a diagramelor de funcționare a agregatelor dintr-o centrală termoelectrică.
13. M. Pascu (ICEMENERG): Algoritmi pentru calculul bilanțului de căldură produsă și controlul încărcării prizelor reglabile la CET București-Sud.
14. T. Pușcoci, D. Fulger ș.a. (ICEMENERG): Programul de cercetare-proiectare de sisteme informatice pentru planificarea și urmărirea reparațiilor în centrale electrice.
15. A. Gheorghe și Al. Popovici (IPB): Optimizarea și analiza structurală a activităților de reparații în energetică.
16. Z. Frățilă, G. Cotmeana ș.a. (ICEMENERG și IPB): Model și program de calcul în domeniul fiabilității echipamentelor din sistemul energetic.
17. G. Stănciulescu (ICEMENERG): Metode de calcul în determinarea prognozei hidroenergetice anuale în bazinele amenajate hidroenergetic.
18. M. Roșca, M. Măciucă, M. Duma și Gh. Plăvițu (ICEMENERG): Subsisteme informatice pentru planificarea și urmărirea activității de cercetare științifică din cadrul ICEMENERG.
19. R. Isaic Maniu și S. Lemac (IEI): Unele tendințe în domeniul sistemelor de operare și de aplicații în evoluția informaticii pe plan mondial.
20. C. Goliat și S. Lemac (IEI): Aspecte privind evoluția costurilor în informatică din unele țări dezvoltate industrial și din țara noastră.
21. M. Duma, E. Goldstein ș.a. (ICEMENERG, CIPEET, MEE-DOCPI și CIRE): Studii și cercetări privind reflectarea specificului tehnologic al exploatării instalațiilor energetice în organizarea, conducerea și economia ramurii.
22. E. Costin (ISPE) și E. Goldstein (ICEMENERG): Mecanismul economico-financiar și exigențele sale față de tarifele pentru energie.
23. M. Duma (ICEMENERG): Metodologie, algoritm și program de calcul pentru stabilirea rezultatelor consultării unor echipe de specialiști.

Dinamica raportului între ritmul de dezvoltare economică și socială și consumul de energie în România

dr. ing. **Călin Mihăileanu,**
Institutul central de cercetări energetice

dr. ec. **Aurel Iancu,**
Institutul central de cercetări economice
Institutul de economie industrială

dr. ing. **Mihai Pop,**
Institutul de cercetări și modernizări energetice

dr. ing. **Florin Alexe,**
Facultatea de energetică — Institutul politehnic București

ing. **Ștefan Răgălie,**
Institutul central de cercetări economice
Institutul de economie industrială

1. În condițiile civilizației moderne, energetica a devenit un factor vital al dezvoltării economice și sociale. Întregul aparat industrial, de transporturi, de construcții este pus în mișcare de consumuri energetice sub forme diferite. Agricultura, activitățile social-culturale, întreaga viață contemporană se bazează pe consumuri mari de energie. Societatea modernă nu-și mai poate desfășura activitatea decît numai pe o bază energetică corespunzătoare. În asemenea împrejurări, însoțite de accentele agravante ale crizei energetice, apare tot mai legitimă întrebarea dacă în perspectivă resursele energetice ale globului, care în marea lor majoritate sînt nereînnoibile și pe baza cărora s-a construit aproape întreaga structură tehnologică actuală, vor putea face față unor cereri care cresc continuu.

Răspunsurile pot fi formulate în mod pozitiv numai dacă eforturile de cercetare pentru descoperiri geologice de noi rezerve de combustibili clasici și mai ales pentru atragerea în circuitul economic a unor noi surse energetice neconvenționale și abundente vor fi însoțite de eforturi și mai mari și consecvente din partea tuturor țărilor și, în primul rînd, din partea celor care realizează consumuri mari, de a trece la o îmbunătățire substanțială a gestiunii consumului, prin înlăturarea risipei și ridicarea eficienței economice a acestuia.

2. Experienţa mondială, ca şi cea a României, demonstrează existenţa unei corelaţii relativ strînse între nivelul de dezvoltare economică şi nivelul consumului de energie. Existenţa unei asemenea corelaţii, ca şi evoluţia acesteia pot fi ilustrate folosind diferiţi indicatori, care să arate, pe de o parte, rezultatele economice, iar pe de altă parte mărimea sau evoluţia consumului energetic. De pildă, o apropiere relativ strînsă între nivelul dezvoltării economice şi nivelul consumului de energie apare atunci cînd comparăm ponderea diferitelor regiuni ale globului în produsul mondial brut cu ponderea acestora în consumul total de energie primară (fig. 1).

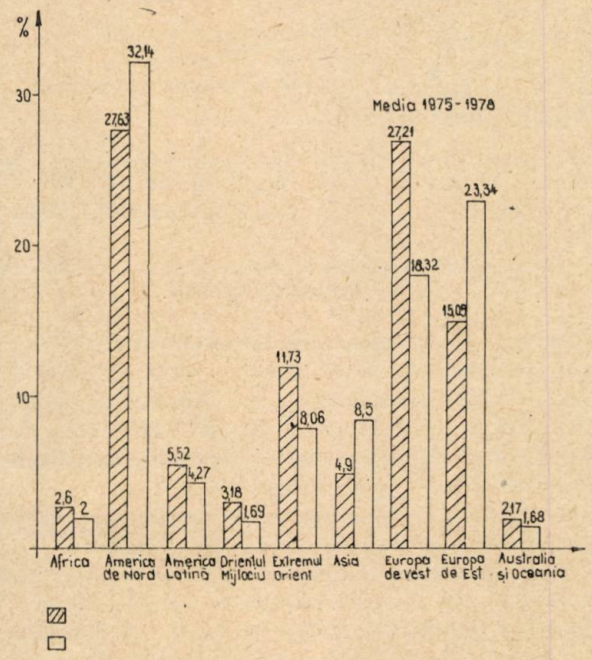


Fig. 1. Ponderea regiunilor geografice în produsul mondial brut şi în consumul total de energie.
▨ produs mondial brut
□ consum de energie primară

Studiul privind experienţa României în domeniul corelaţiei dintre creşterea economică şi consumul de energie atrage atenţia asupra unor fenomene şi acţiuni politice importante care stau la baza evoluţiei generale a potenţialului de conservare a energiei, pe măsura dezvoltării economice. Astfel, în ultimele trei decenii, consumul de energie a cunoscut o dinamică ascendentă, mult mai accentuată în prima perioadă, devansînd în mod constant pînă în 1970 ritmul de creştere a venitului naţional şi a producţiei globale industriale. Începînd din 1970, ritmul consumului de energie a fost mult diminuat în mod relativ şi absolut, aşa cum reiese din tabelul 1.

Este concludent faptul că corelaţia dintre consumul energetic şi indicatorii privind dezvoltarea economică îşi modifică direcţia şi intensitatea în diferitele perioade. Astfel, în primele faze ale dezvoltării economice — caracterizată

Tabelul 1

Ritmuri medii anuale de creştere a venitului naţional, a producţiei globale industriale şi a consumului de energie primară în perioada 1950—1978 (în %)

	1950—1955	1956—1960	1961—1965	1966—1970	1971—1975	1976—1978
Venitul naţional	13,9	6,9	9	7,7	11,2	9,7
Producţia globală industrială	15,1	10,9	13,9	11,9	12,9	11,0
Consum de energie primară	14,1	7,2	9,9	9,1	4,8	3,1

Sursa: *Anuarul statistic al R. S. România, 1979*, Bucureşti, 1979; *U. N., World Energy Supplies 1950—1974*; idem, *1970—1978*.

ca extensivă — substituţia masivă a forţei de muncă şi a energiei animaliere cu energia mecanică şi electrică, prin trecerea la mecanizarea şi automatizarea proceselor din ramurile economice, agricultură, industrie, transporturi etc., dezvoltarea cu precădere a ramurilor industriale de bază, precum şi mecanizarea unor activităţi casnice-gospodăreşti, au făcut ca ritmul de creştere a consumului de energie să fie superior ritmului de dezvoltare economică. La conturarea acestei tendinţe au mai contribuit existenţa în ţară în acea perioadă a unui oarecare excedent de resurse energetice (hidrocarburi) la preţuri de producţie relativ scăzute în raport cu necesităţile de consum şi cu conţinutul lor caloric, precum şi achiziţionarea şi dezvoltarea unor tehnologii de producţie industrială pe baza unor ierarhii de criterii, în care consumul de energie nu s-a situat pe un loc prioritar.

Trecerea la cea de-a doua fază a dezvoltării economice, în care încep să predomine factorii calitativi şi de eficienţă economică, coincide cu încheierea, în linii generale, a proceselor de substituţie menţionate. În această fază, în general, numai lărgirea producţiei şi a altor activităţi antrenează sporirea consumului energetic. De asemenea, începe să se pună accent pe reducerea consumurilor specifice de energie. De aceea apare tendinţa generală ca ritmul de creştere a consumului energetic să sufere o însemnată atenuare în raport cu cel al producţiei. Chiar dacă ritmul de creştere a cererilor de energie începe să scadă după 1970, totuşi producţia internă de hidrocarburi nu a mai putut spori în aşa măsură încît să poată face faţă acestor cereri. De aceea, începînd din 1970, în balanţa de energie primară a României apar importuri de petrol în cantităţi sporite, ajungînd, de exemplu, în 1978 la aproape 13 mil. tone de ţiţei brut (tabelul 2).

Ţinînd seama de obiectivele sociale şi economice ale României, impuse de necesitatea depăşirii în cursul acestui deceniu a stadiului de

Tabelul 2

Dinamica producției, consumului, importului și exportului de energie primară a României în perioada 1950—1978

Anul	Producția mii t c.c.	Consumul mii t c.c.	Raport $\frac{\text{producție}}{\text{consum}}$	Export mii t c.c.	Import	
					total mii t c.c.	din care: țiței mii t c.c.
1950	14 377	9 778	1,47	2 400	202	—
1960	33 862	24 640	1,37	9 250	1 006	—
1970	64 908	61 026	1,06	8 292	6 275	2 241
1978	80 829	87 709	0,92	10 482	19 861	12 937

Sursa: *U. N., World Energy Supplies, 1950—1974; 1970—1978*; Joel Darmstadter, *Energy on the World Economy*, 1971, London.

țară în curs de dezvoltare și a trecerii în rîndul țărilor cu dezvoltare medie, precum și de perspectiva resurselor energetice în țara noastră și pe plan mondial, o singură trăsătură a strategiei de dezvoltare în domeniul energiei apare evidentă și permanentă — judicioasa folosire a tuturor resurselor proprii, conservarea energiei în vederea reducerii dependenței de import.

Încă înainte de anul 1973, politica energetică a țării noastre s-a orientat cu curaj în detașarea criteriului economiei de combustibil ca cel mai reprezentativ criteriu în concepția generală a dezvoltării în perspectivă a economiei și a orientării structurii industriale. Ca rezultat, așa cum se prezintă în tabelul 3, dinamica raportului între ritmul de creștere a consumului de energie și cel de creștere a venitului național a scăzut continuu (tabelul 3).

Tabelul 3

Creșterea consumului de energie în raport cu creșterea venitului național (1973 = 100)

	1974	1975	1976	1977	1978
1. Venitul național (în %)	112,3	123,9	137,9	149,3	160,9
2. Consumul total (în %)	100,33	108,65	116,72	119,47	119,21
3. Raport 2:1	0,89	0,88	0,85	0,80	0,74

Sursa: *Anuarul statistic al R. S. România 1979*, București, 1979; *U.N., World Energy Supplies, 1970—1978*

Situația prezentată reliefează faptul că, concomitent cu realizarea în mod constant a unor ritmuri ridicate de creștere a venitului național, a avut loc reducerea ritmurilor de creștere a consumului de energie, prin măsuri de economisire a resurselor energetice în structura existentă a edificiului economico-industrial și prin pregătirea, în ultima perioadă, a unor schimbări importante în structura economică și energetică.

Analizînd evoluția consumului de energie primară ce revine la o unitate de produs național brut în perioada 1975—1978, se poate constata că acest indicator a scăzut continuu în România cu o rată medie de peste 2 ori mai mare față de media mondială (fig. 2).

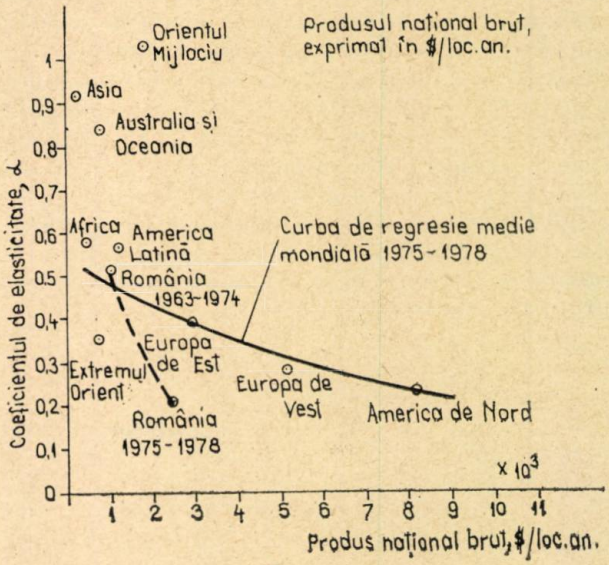


Fig. 2. Tendința de scădere a coeficientului de elasticitate α în România și în lume.

Cu toate eforturile depuse concretizate printr-o scădere în ritm rapid a consumului de energie pentru unitatea de produs național brut (PNB), țara noastră se situează încă, din cauzele menționate anterior, într-o poziție încă nesatisfăcătoare din punct de vedere al eficienței privind utilizarea energiei în economie.

Față de această situație, în România sînt în curs de realizare însemnate acțiuni, care vor avea ca efect îmbunătățirea substanțială a corelației dintre rezultatele economice și consumul energetic. Asemenea acțiuni au ca obiective concrete: orientarea structurii industriei și ridicarea randamentelor energetice, îmbunătățirea tehnologiilor de utilizare a energiei și altele. În vederea unei mai bune fundamentări a acestora, au fost folosite diferite metode și tehnici adecvate de analiză și previziune.

3. O atenție specială se acordă perfecționării structurii producției industriale după criteriul economisirii energiei. În acest scop, folosirea analizei input-output s-a dovedit de mare utilitate, ea permițînd evidențierea necesarului de energie și a legăturii dintre cererea finală și consumurile intermediare de resurse energetice prin intermediul coeficienților de consum direct și total pe ramuri industriale. Metoda permite aprecierea corectă a caracterului energointensiv al ramurilor industriale. Relevantă și utilă pentru orientarea structurii industriei apare extinderea metodei input-output efectuată în România în calcularea consumului total de energie exprimat în unități naturale la nivelul produselor industriale.

Pentru reducerea consumurilor energetice și pentru îmbunătățirea structurii producției, în

scopul valorificării superioare a resurselor energetice și al creșterii randamentelor energetice, în țara noastră au apărut după anul 1973 o serie de noi orientări, între care optimizarea balanței de energie primară prin tratarea sistemică a problemelor energetice la scara întregii economii. Această acțiune a permis analiza structurii resurselor energetice interne și din import, a pierderilor de energie și a energiei utile în diverse sectoare de activitate, determinîndu-se un randament global net pe ramuri și pe întreaga economie națională, pornindu-se de la fazele de extracție și prelucrări primare pînă la fazele de consum final.

În același sens, este interesant de evidențiat și modelul sistemic al complexului economic energetic prezentat în figura 3, care își propune tratarea problemei ca un sistem de reglare automată de interacțiuni de dezvoltare economică — consum energetic. Se observă că, în cazul economiei planificate, elementele de acționare în acest sistem (acțiuni guvernamentale asupra cotelor de consum global și a normelor de consum specific de energie și asupra tarifelor de vînzare a energiei) oferă pîrghii mai puternice de reglare decît în cazul economiilor de piață, care acționează în special prin pîrghia prețurilor. În acest fel, în economia României dinamica raportului studiat în lucrarea de față poate fi mult mai sigur planificată și controlată. Aceste aspecte au determinat necesitatea unei preocupări susținute pentru cunoașterea mărimii absolute a pierderilor de energie și localizarea lor cu ajutorul bilanțurilor energetice.

Acestea reprezintă o metodă eficientă de exemplificare a posibilităților de raționalizare și de economisire a energiei, constituind baza reală pentru fundamentarea măsurilor tehnice și organizatorice de creștere a randamentului energetic pe ansamblul instalațiilor și pe părțile componente, deoarece permit determinarea pierderilor de energie pe fiecare utilaj, agregat și instalație și, în final, pe întreprindere, ramură industrială și chiar pe economie națională.

Bilanțul energetic calculat pentru economia României, prezentat sintetic în figura 4, evidențiază nivelul ridicat al consumului energetic în industrie (circa 69 %) și randamentul global net pe economie (circa 39 %) și permite formularea elementelor de strategie privind structurarea producției industriale și stabilirea priorităților privind măsurile de conservare a energiei în economie.

Din analizele efectuate asupra bilanțului energetic în economia națională a rezultat că 5—10 % din consumul total de energie al economiei naționale se poate reduce prin măsuri gospodărești pe termen scurt, 10—20 % prin măsuri pe termen mediu și 15—25 % prin măsuri pe termen lung. Strategia optimă de aplicare a măsurilor de economisire a energiei este aceea a „strategiei orizontale", cu luarea în considerare a tuturor ramurilor consumatoare de energie.

4. Pentru îmbunătățirea raportului dintre evoluția venitului național și aceea a consumului energetic, o deosebită importanță o au direcțiile de acțiune privind conservarea energiei cuprinse

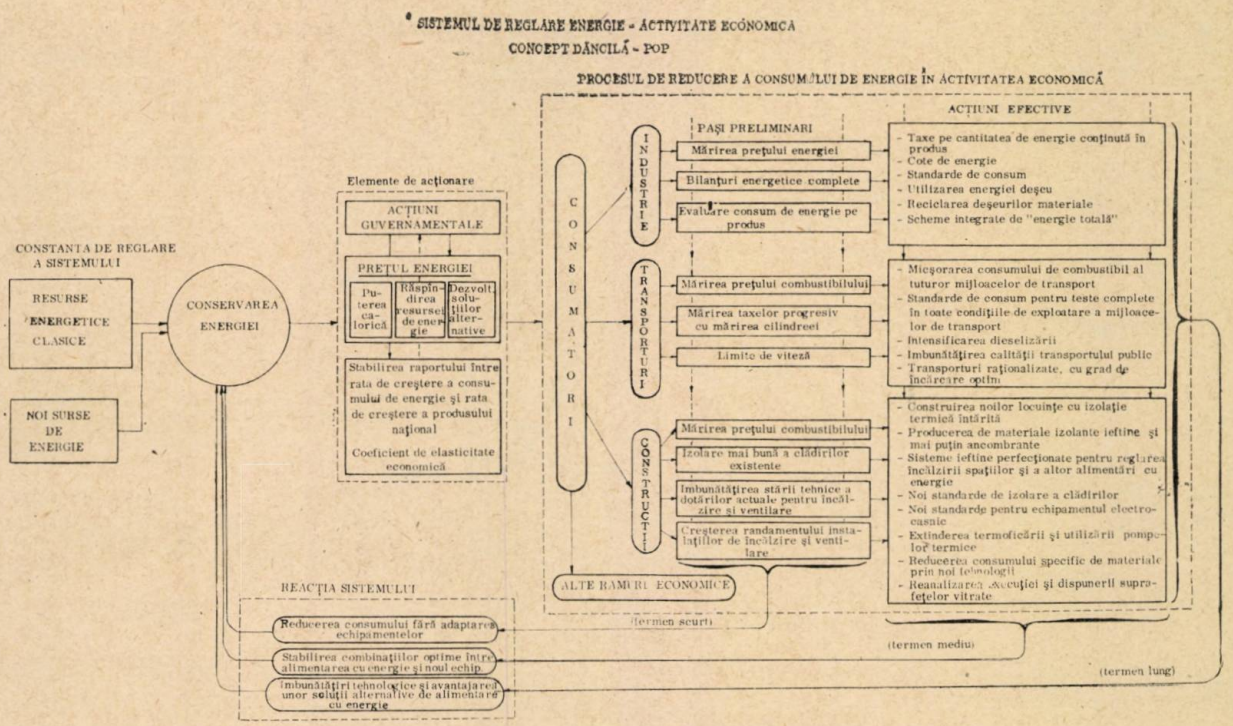


Fig. 3.

în Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000, elaborat în anul 1979. Aceste direcții vizează ca obiective prioritare promovarea cercetărilor pentru folosirea noilor surse de energie inepuizabilă, economisrea energiei în procesele și ramurile energointensive și îmbunătățirea structurii balanței energetice [2], [3].

Din punctul nostru de vedere, considerăm surse noi : energia geotermică, solară (de radiație), vîntul și valurile, biomasa, deșeurile urbane și resursele carbonifere neexploatabile prin metode clasice (valorificabile doar prin gazeificare).

Între noile tehnologii putem menționa : utilizarea căldurii reziduale cu pompele termice ; metode de economisire a combustibilului pentru motoare termice ; centrale MHD ; gazeificarea și lichefierea cărbunilor ; economia hidrogenului ; surse și stocare prin metode electrochimice ; transportul criogenic al energiei etc.

Evaluări preliminare ale șanselor „noilor energii" de a pătrunde în circuitul economic al țării arată perspective interesante. Potențialul acestora, calculat pe baza tehnologiilor de primă generație, pare să fie de peste 20 mil. t c.c./an și corespunde ca mărime și calitate a energiei pentru domeniul căldurii de joasă temperatură [6].

În acest context, contribuția rezervelor inepuizabile „clasice" va fi de asemenea sporită. Astfel, din totalul potențialului hidroenergetic economic amenajabil la nivelul actual de prețuri (circa 37 TWh/an) urmează a se amenaja pînă în anul 1980 — 11 TWh ; pînă în 1990 — 24 TWh, iar pînă în anul 2000 întreg potențialul considerat astăzi ca economic amenajabil.

În ceea ce privește combustibilii inferiori, șisturi și ligniți, dacă în balanța energetică ei contribuiau cu 8,6 % în 1976, se prevede ca ponderea lor să crească în 1990 la peste 15 %.

Un program specializat de construcții a centralelor nuclearo-electrice prevede ca puterea instalată în capacități nucleare să fie de 660 MW_e în 1985, 3960 MW_e în 1990 și 10560 MW_e în anul 2000 [1], [3].

Economisirea energiei în perioada care urmează va necesita transformări tehnologice tot mai avansate în toate ramurile economice. Astfel, în industrie, care este și va rămîne în continuare principala ramură consumatoare de energie, atenția se va îndrepta atît spre modernizarea actualelor capacități, cît și spre crearea noilor capacități avînd ca obiectiv principal economisirea energiei.

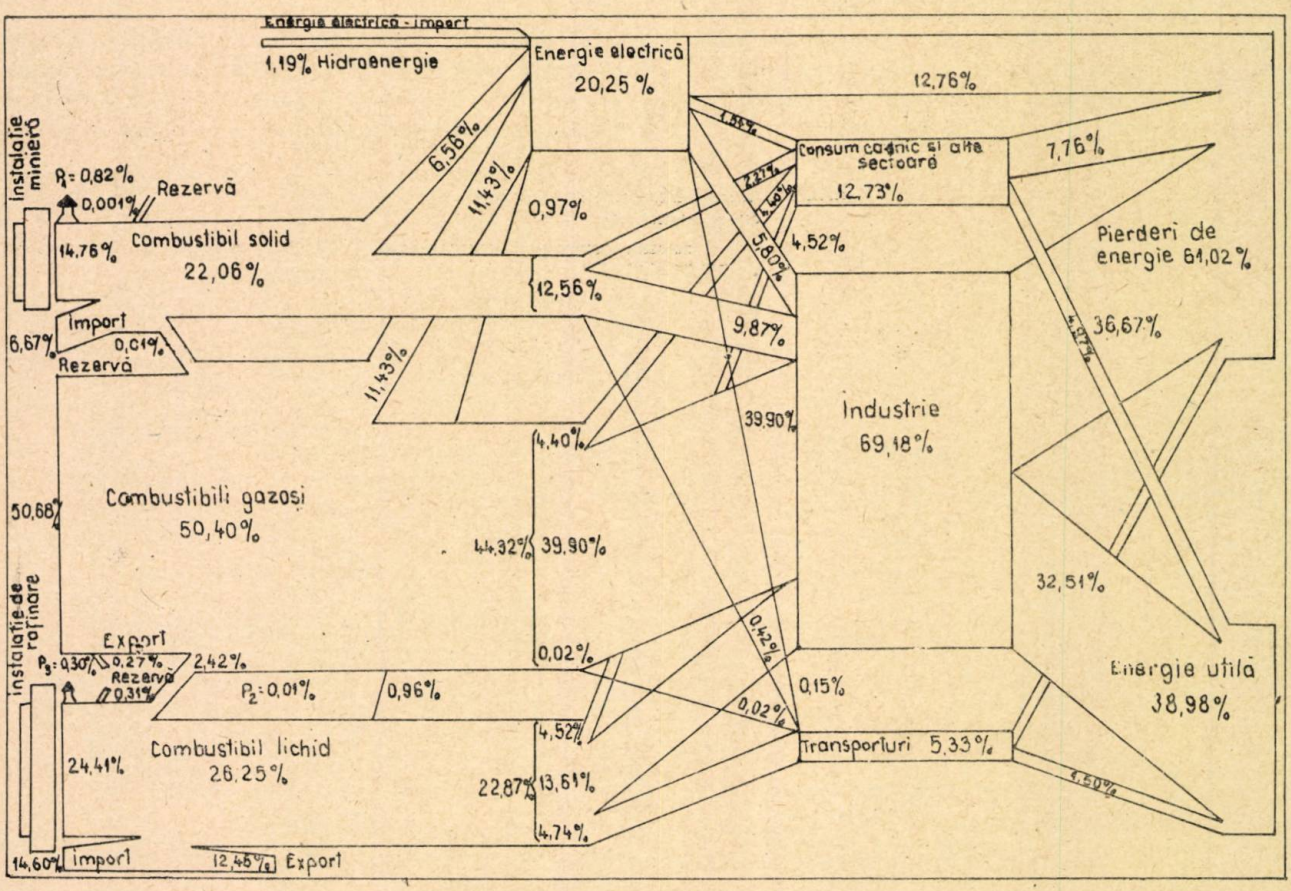


Fig. 4. Fluxurile de energie în România în 1976.

În industria siderurgică, unde pentru o tonă de oțel se consumă circa o tonă de combustibil convențional și unde aproape 40% din energia alocată ramurii se pierde în mediul înconjurător, în planurile de perspectivă se ia în considerare extinderea realizărilor pozitive de pînă în prezent.

Cea mai reprezentativă realizare în România în privința recuperării resurselor energetice secundare la un combinat siderurgic este aceea în funcțiune la CS Galați (9 mil. t oțel/an), în care se obțin economii de 800 mii t c.c./an prin arderea gazelor de furnal și de cocs într-o centrală electrică de termoficare cu puterea instalată de 300 MW (2×50 MW + 2×100 MW), care asigură alimentarea cu abur, energie electrică și căldură atît pentru combinat cît și pentru orașul Galați [8]. În continuarea acestei idei, este în curs de realizare, la aceeași unitate, o instalație complexă de producere și stocare de abur saturat din resurse termoenergetice secundare de la convertizoare și laminoare, folosind acest abur în două turbine cu abur de termoficare cu condensație și priză reglabilă de termoficare urbană [9]. În acest mod, se realizează la CS Galați o apropiere marcată a ansamblului energotehnologic de cerințele impuse de conceptul „energie totală".

Alte metode utilizate în siderurgie pentru creșterea eficienței de folosire a energiei sînt: extinderea procedeului de turnare continuă a oțelului, creșterea capacității medii a furnalelor, ridicarea temperaturii aerului insuflat în acestea, utilizarea de materiale izolante cu caracteristici superioare, intensificarea procesului de insuflare cu oxigen etc., procedee care, combinate cu cele de recuperare a resurselor energetice secundare, vor conduce la diminuarea consumului energetic pe tona de oțel brut cu circa 14% în 1985 față de realizarea din 1978.

La obținerea aluminiului se constată că 1 t aluminiu metalic înglobează aportul a circa 9—10 t c.c., pierderile de energie reprezentînd circa 48%, fiind datorate în principal pierderilor de căldură prin radiația din băile de electroliză.

Odată cu scumpirea energiei și creșterea gradului de izolare a băilor, tehnologiile de electroliză au devenit rentabile la niveluri mai reduse de curenți de lucru.

Cercetările proprii au arătat că tehnologia utilizată în țară în prezent pentru producerea aluminiului permite economii masive de energie (pînă la 25%) numai prin integrarea uzinelor de aluminiu într-un complex industrial ce conține o centrală electrică de termoficare, constituind o posibilitate practică de realizare a unui sistem de „energie totală" în ramura metalurgiei neferoase. Alternativa acestei soluții, în studiu pentru noile investiții, o constituie înlocuirea completă a tehnologiei electrochimice prin procedee chimice cu consum mult mai redus de energie primară.

În industria chimică, reprezentînd astăzi 23% din consumul național de energie, conservarea resurselor energetice constituie o rezervă foarte importantă de asigurare a necesarului propriu de combustibil sau energie electrică. În anul 1978 resursele energetice secundare recuperate în industria chimică din România au asigurat circa 21% din necesarul de energie termică și combustibil al ramurii, estimîndu-se că la nivelul anului 1980, cantitățile de resurse energetice secundare combustibile să ajungă la 5 mil. t c.c. În afara acestor măsuri pe termen scurt, sînt în curs măsuri pe linie tehnologică vizînd, încă din faza de proiectare a noilor capacități, îmbunătățirea randamentelor de proces, îmbunătățirea catalizatorilor utilizați, creșterea capacității unitare a liniilor și proceselor tehnologice; concomitent se urmărește modernizarea, acolo unde este posibil, a proceselor tehnologice existente cu consumuri mari de combustibil și dezafectarea acelora la care consumul de energie nu poate fi adus în limite rezonabile.

În industria materialelor de construcții sînt în curs de realizare operații de introducere a liniilor de fabricație a cimentului prin procedeul uscat, tehnologie care va permite reducerea consumului specific de energie cu circa 15% față de realizările actuale. De asemenea, este în curs de finalizare realizarea unor noi materiale de construcție și izolație pe baza unor noi procedee de fabricație cu consumuri reduse de energie. În domeniul construcțiilor de locuințe, toate clădirile ce se vor realiza după anul 1980 vor fi prevăzute cu izolații termice îmbunătățite, care să asigure reducerea consumurilor cumulate cu circa 30%.

Sistemul de producere combinată a energiei electrice și termice va prelua în anii viitori o parte din ce în ce mai mare din energia primară, datorită faptului că îmbunătățirea standardului de viață va necesita din ce în ce mai multă energie utilizată ca energie electrică și o extindere mai mare a schemelor de termoficare. Luînd în considerare faptul că energia primară va fi disponibilă mai mult sub formă de combustibil solid, aceasta reprezintă singura soluție practică pentru realizarea unei distribuiri judicioase a energiei. Țara noastră are 30 de ani de experiență în domeniul producerii combinate a energiei electrice și termice, avînd realizări importante bazate pe un concept original. În 1978 puterea instalată a centralelor cu producție combinată de căldură și energie a fost de 3800 MW, ceea ce înseamnă 37% din capacitatea instalată a țării. Două treimi din această putere este instalată în grupuri de termoficare industrială, iar cealaltă treime este destinată termoficării urbane. Această situație este unul din motivele pentru care cifra consumului specific de energie este atît de scăzută în România (352 g c.c./kWh în 1978), clasîn-

du-se printre cifrele cele mai bune din Europa și din lume. Datorită crizei actuale a petrolului, dezvoltarea termoficării trebuie să fie orientată spre utilizarea cărbunelui simultan cu protecția mediului înconjurător. În România cărbunii cu utilizare energetică sînt lignitul, cu o putere calorică mică, de aproximativ 6700 kJ/kg, iar în prezent se află în construcție prima centrală electrică pe șisturi bituminoase avînd o putere calorică de numai 3800 kJ/kg.

În afară de construcția centralelor de termoficare echipate cu blocuri specializate, se obțin avantaje importante prin adaptarea actualelor centrale de condensație care ard cărbune la situația producerii combinate de căldură și energie, pentru alimentarea consumatorilor din împrejurimi. Astfel, se obțin nu numai economii de combustibil (o economie de 2,7 mil. t c.c. în 1978, comparativ cu producerea separată de energie electrică și căldură), ci și înlocuirea hidrocarburilor utilizate de obicei la alimentarea cu căldură din centralele termice.

În același timp, pentru creșterea randamentului termoficării utilizînd arderea cărbunelui și pentru înlocuirea hidrocarburilor cu cărbune, se urmărește creșterea suprafeței de distribuție a căldurii preluate de la centrală. Dezvoltarea termoficării în România a dus de asemenea la crearea unei industrii de fabricare a echipamentelor energetice specializată în acest domeniu, cu blocuri de 3—6 MW, în domeniul de mică putere, și blocuri de 12, 50 și 150 MW, pentru centrale mari [10].

Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei [2] propune instalarea de noi centrale electrice care funcționează cu combustibil solid, nu numai de centrale electrice de termoficare, odată cu adaptarea unor blocuri sau centrale de condensație pentru funcționarea în scheme de termoficare. Aceste măsuri, împreună cu amplasarea centralelor cît se poate mai aproape de consumatori, vor menține cifrele consumului specific de energie cît se poate de reduse, chiar dacă utilizarea extensivă a cărbunelui pentru producerea energiei și intervenția centralelor nucleare vor avea tendința de a le mări.

5. Obiectivul central al Programului-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei este formulat astfel [2]: „Referitor la programul de utilizare și dezvoltare a energiei, în deceniul următor România trebuie să devină independentă din punct de vedere al combustibilului și energiei". Acest obiectiv este în întregime corelat cu obiectivele economice menționate în [1], astfel încît în următorii cinci ani România să ajungă în rîndul țărilor cu nivel mediu de dezvoltare, un obiectiv realist, realizabil prin continuarea procesului de industrializare, împreună cu schimbările economice și energetice profunde, cu promovarea aspectelor calitative în toate acțiunile social-politice. Aceasta va include faptul că investițiile se vor referi în special la activitățile de modernizare, de creștere a productivității, competitivității și eficienței.

O atenție sporită va fi acordată extinderii serviciilor, îmbunătățirii standardului de viață și calității vieții în mod echilibrat, pe întreg teritoriul țării. Această tratare calitativă este în perfect acord cu titlul „decadă a științei, tehnologiei, calității și eficienței", care descrie pe scurt scopurile și mijloacele stabilite pentru următorii 10 ani [3]. O afirmație fundamentală a Programului de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei este aceea că „consumul total de energie în România va putea să crească în deceniile următoare numai dacă se identifică noi surse de energie și se găsesc mijloacele tehnologice pentru utilizarea lor economică. Sursa de bază și condiția hotărîtă a dezvoltării viitoare continue, atît în domeniul energiei cît și pentru creșterea bunăstării întregului popor, este o creștere substanțială a eficienței economice în utilizarea combustibilului și energiei electrice".

Aceasta explică reducerea consumului net de energie, așa cum rezultă din tabelul 3 pentru anul 1978, comparativ cu 1977, cînd nu au fost introduse în balanța energetică noi surse de energie. Atingerea și depășirea în cel mai scurt timp a valorilor maxime mondiale pentru coeficientul de elasticitate și pentru consumul specific de energie sînt „obiective de bază ale dezvoltării viitoare a României" [2].

În următorul deceniu va trebui să reducem cu „cel puțin 40% indicele specific de consum de energie la 1000 lei producție industrială ...; în anul 2000 acest indice va trebui să fie de cel puțin 2,6 ori mai mic decît în 1980" [2].

Pledoarie pentru surse variate de energie, conversie și cerere de energie corect estimate și efectuate, pentru o alegere corectă a soluțiilor de substituție în domeniul tehnologiei energetice, pentru schimbări structurale în economie, toate în scopul atingerii independenței energetice a țării, Programul-directivă privind cercetarea și dezvoltarea în domeniul energiei conține o apreciere completă a stării noastre politice și economice prezente și viitoare, avînd caracter economic prin motivațiile sale și politic în modul de punere a problemei [6].

Realizarea lui cere o participare democratică, dînd o soluție autoritară problemei naționale a energiei în contextul unei largi cooperări internaționale.

Bibliografie

[1] Nicolae Ceaușescu. *Raport la Congresul al XII-lea al P.C.R.* Editura politică, București, 1979.

[2] * * * *Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000.* Editura politică, București, 1979.

[3] * * * *Programul-directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000.* Editura politică, București, 1979.

[4] Mihăileanu, C. (coord.) *Energia în următoarele trei decenii.* Editura Academiei R.S.R., București, 1979.

[5] Iancu, A. ș.a. *Consumul energetic și structurarea producției.* Editura Academiei R.S.R., București, 1979.

[6] Ursu, I. ș.a. *Motivations and attitudes in the long time planning of alternative energy systems.* UNITAR Conference on Long Term Energy Resources, Montreal, Canada, 26 nov. — 7 dec. 1979.

[7] Cocârlă, T. *Consumul de energie și economia de energie.* Comunicare publicată în lucrarea „Energia în următoarele trei decenii" (C. Mihăileanu-coordonator).

[8] Armencoiu, N. ș.a. *Unele soluții privind valorificarea resurselor energetice secundare din România.* Comunicare la a X-a Conferință Mondială de Energetică Industrială, București, sept. 1978.

[9] Popovici, T. ș.a. *Schemă tehnologică cu eficiență economică ridicată pentru valorificarea superioară a resurselor energetice secundare din industria siderurgică.* Comunicare la Seminarul asupra producerii combinate de energie electrică și căldură, Hamburg, nov. 1979.

[10] Mihăileanu, C. și Armencoiu, N. *Co-generation, an important way for achieving an energy conservation policy in Romania.* UNITAR Conference on Long Term Energy Resources, Montreal, Canada, 26 nov. — 7 dec. 1978.

[11] Mihăileanu, C. *Energy Conservation in Romania.* Raport prezentat la Comisia de conservare a energiei, București, 18—20 iulie 1979.

Metode și principii folosite în dimensionarea sistemului electroenergetic în actualele condiții ale balanței energetice

prof. dr. doc. ing. **V. I. Nitu**
și ing. **N. Bordeianu**
— ISPE —

Sistemul electroenergetic românesc a fost creat și dezvoltat în ultimii 30 de ani în cadrul unei concepții generale, rezultate din studiile întocmite de colectivele de la ISPE specializate în astfel de lucrări și care activează permanent.

Dimensionarea unui sistem electroenergetic modern constituie o problemă foarte complexă. Dacă în anul 1950, cînd s-a întocmit primul plan de electrificare, diferitele aspecte ale problemei au putut fi analizate pe bază de calcule inginerești ce se puteau efectua cu rigla de calcul și mașini de calcul de birou, în prezent nu se poate concepe dimensionarea sistemului electroenergetic fără calculatoare electronice, utilizînd metode complexe și modele matematice.

Organizarea principalelor categorii de analize și calcule cu metodele, modelele matematice și programele de calcul utilizate la ISPE în mod curent, în stadiul actual, pentru studierea și dimensionarea sistemului electroenergetic național este redată în figura de mai jos.

Criteriul principal de dimensionare a instalațiilor de producere, transport și distribuție a sistemului electroenergetic este cel economic. Orice soluție posibilă dintre cele analizate se dimensionează atît după criterii tehnice, pentru încadrarea funcționării în limitele de utilizare a echipamentului, cît și după criterii de siguranță.

Criteriul de siguranță are ca scop dimensionarea unei soluții astfel încît cheltuielile pentru realizarea și exploatarea de centrale și (sau) rețele, însumate cu daunele la consumatori, cînd se întrerupe alimentarea cu energie electrică, să însumeze cheltuielile totale minime.

Întrucît, pe măsură ce se instalează mai multe echipamente de rezervă în instalațiile de producere și transport din sistemul electroenergetic, siguranța în alimentarea consumatorilor crește, iar daunele la aceștia scad, soluția optimă sub aspectul siguranței în funcționarea

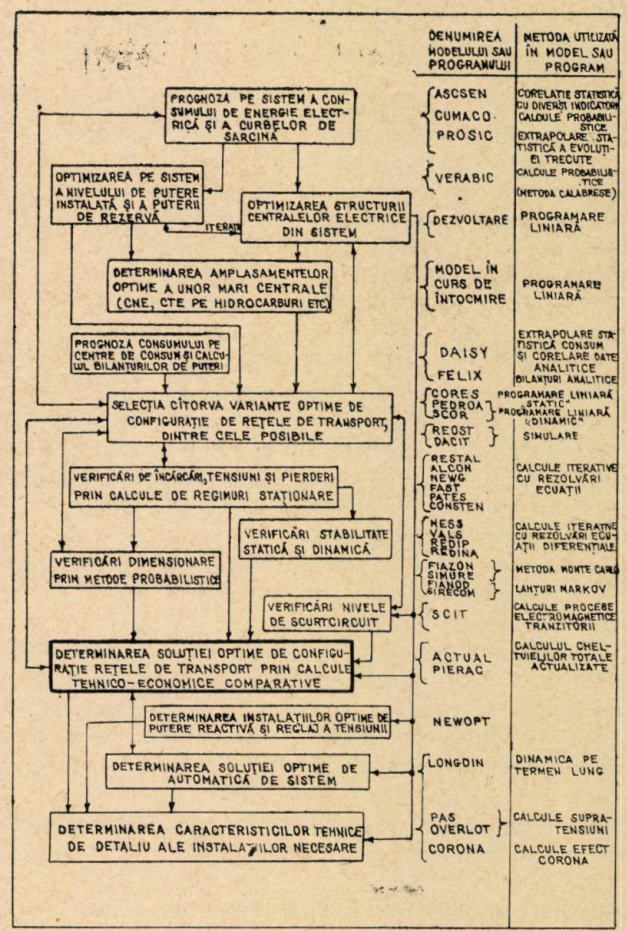


Fig. 1. Organigrama principalelor categorii de calcule în studiul optimizării dezvoltării centralelor și rețelelor de transport.

consumatorilor este cea care conduce la compromisul economic între gradul de dotare din sistemul electroenergetic și gradul de siguranță în alimentarea consumatorilor.

Dintre toate variantele structural deosebite, dar posibile sub aspectul dimensionării tehnice și avînd același grad de siguranță în alimentarea consumatorilor, sau grad de siguranță diferit, se selecționează cea care prezintă cheltuieli (inclusiv daune) minime.

Aceste principii și criterii generale sînt variabile, indiferent de condițiile specifice sau de conjunctură. Condițiile economice și energetice din etapele curente sau previzibile în perspectivă pot influența însă alegerea unor soluții optime în mod diferit de la o etapă la alta. Ca exemplu se poate cita cazul centralelor pe hidrocarburi, care căpătaseră o mare dezvoltare pe plan mondial atîta timp cît costul combustibililor era constituit aproape exclusiv din cheltuielile de extracție din zăcăminte și de operațiile pentru purificare. În prezent, ca urmare a crizei energetice mondiale demarată prin scumpirea și limitarea extracției și exporturilor de către țările ce posedă cele mai importante zăcăminte petrolifere, se fac eforturi pentru dezvoltarea cu precădere a centralelor folosind combustibili inferiori, a centralelor nucleare-electrice și a centralelor hidroelectrice.

În țara noastră, de la primele studii de plan de electrificare s-a pus accentul pe dezvoltarea centralelor pe combustibili inferiori și pe valorificarea potențialului hidroenergetic al țării. Însă, criza energetică mondială, declanșată tocmai într-o perioadă în care necesitățile de combustibili și în special necesitățile de hidrocarburi depășesc posibilitățile de producție internă din țara noastră, a creat o situație ce influențează chiar și metodele și principiile de dimensionare și optimizare a structurii sistemului electroenergetic.

În cele ce urmează se prezintă problemele, principiile și metodele ce au fost influențate de actualele condiții ale balanței energetice și sînt folosite în prezent la dimensionarea sistemului electroenergetic.

Noile condiții de prognoză a consumului de putere și energie electrică

Pentru prognoza energiei electrice s-au utilizat în trecut, cu succes, diferite metode globale, dintre care unele bazate pe extrapolare (liniară, exponențială sau logistică) și altele bazate pe corelare cu diferiți indicatori ai dezvoltării economice și sociale, dintre care cel mai utilizat era producția globală industrială. Aceste metode sînt în curs de reconsiderare în prezent. Scumpirea combustibililor și a energiei electrice a condus la schimbarea concepției consumatorilor de energie electrică. În special la consumatorii industriali, care reprezintă circa 80% din consumul total pe țară, se analizează foarte minuțios bilanțurile energetice, se înlătură pierderile, se elimină consumurile inutile, se modifică tehnologiile și se introduc noi tehnologii cu consum redus de energie. Unele industrii energointensive se reprofilează sau se reduc. S-au desființat, de exemplu, termoficările pentru încălzirea serelor destinate cultivării roșiilor etc. Urmarea este că în ultimii trei ani creșterea consumului de energie electrică a scăzut în medie la sub 4%, cît este creșterea medie mondială în etapa actuală, în timp ce în perioada 1955—1970 creșterile anuale au fost în medie de 15%, după cum se poate vedea în tabelul de mai jos.

Anul	1955	1960	1965	1970	1975	1976	1977	1978	1979
Energie electrică (în mlrd.kWh/an)	4,35	7,65	17,22	35,09	53,72	58,27	59,86	64,26	64,91
Creștere medie anuală	12%	17,6%	15,3%		8,9%	8,5%	2,7%	7,4%	1%

În aceste condiții, pentru prognoză sînt preferabile metodele analitice, care au căpătat o mai mare utilizare nu numai la aprecierea generală a prognozei consumului, cît și la prognozarea dezvoltării consumului de putere electrică în repartiție teritorială pe județe și centre de consum. Este de menționat în această direcție că la ISPE s-a întocmit și s-a perfecționat o metodă analitică și un program de calcul (programul DAISY) bazate pe analiza dezvoltării fiecărei ramuri a economiei naționale și a amplasării în teritoriu a consumatorilor. Cu acest program se obțin datele privind evoluția consumului de energie electrică pe județe și centre de consum. Datele respective sînt absolut necesare pentru studiul amplasării optime a unor centrale, precum și pentru studiul dezvoltării rețelelor de transport de înaltă tensiune din sistemul electroenergetic, iar de corectitudinea prognozei de consum depinde în mare măsură concluzia privind structura și strategia optimă de dezvoltare a sistemului electroenergetic.

Dimensionarea structurii și puterii necesare în centrale, precum și a configurației rețelelor de transport

În actualele condiții ale balanței de energie primară, resursele principale prevăzute în țara noastră pentru viitoarele centrale sînt : lignitul,

șisturile hituminoase, potențialul hidroenergetic și energia nucleară. Produsele petroliere și gazele sînt destinate altor utilizări industriale.

Pentru o valorificare superioară a resurselor, se prevede o mai largă dezvoltare a termoficării industriale și urbane din centrale electrice de termoficare.

Aceste premise, corelate cu ritmul mai lent de creștere a consumului, pun probleme noi privind : mărimea rezervei necesare, puterea unitară maximă a grupurilor, componența structurală a centralelor referitoare la modalitatea de acoperire a curbei de sarcină etc. Aceste probleme sînt totuși rezolvabile cu metodele, modelele matematice și programele de calcul utilizate și pînă în prezent.

O problemă care a devenit însă de mare complexitate și importantă în etapa actuală de studiere a dimensionării sistemului electroenergetic este cea a amplasării teritoriale în cadrul sistemului electroenergetic a marilor centrale, și în special a centralelor nucleroelectrice. Complexitatea se datorește necesității optimizării concomitente a problemelor de amplasare a centralelor, cu optimizarea configurației de rețele de transport.

Utilizarea metodologiei tradiționale a comparării unor variante întocmite de proiectanți prezintă inconvenientul unor calcule și analize foarte laborioase, uneori depășind posibilitățile în cazul considerării tuturor variantelor posibile. De obicei se reduce numărul variantelor de analizat prin examinări preliminare în care poate interveni subiectivismul.

Pentru a înlătura aceste inconveniente, sînt în curs cercetări metodologice pentru întocmirea unor modele matematice de optimizare a amplasării centralelor, concomitent cu optimizarea dezvoltării rețelelor. Pînă în prezent, în cadrul studiilor de dezvoltare a centralelor, pentru determinarea și dimensionarea soluției optime, principalele modele matematice sînt : modelul DEZVOLTARE, de programare liniară, de mari dimensiuni (circa 1000 restricții și 1000 necunoscute), pentru determinarea structurii optime a centralelor electrice din sistemul electroenergetic, și modelul VERABIC, pentru verificarea gradului de siguranță a variantelor analizate prin metoda dezvoltării binoamelor de probabilități.

Este de menționat că escaladarea pe plan mondial a prețurilor la energia primară a determinat creșterea costului și a valorii energiei electrice și implicit creșterea ponderii pierderilor de energie electrică la transportul acestei forme de energie. În acest mod, pe lîngă faptul că se scumpește transportul energiei electrice în raport cu transportul combustibilului, se influențează și se schimbă premisele de abordare la dimensionarea tuturor instalațiilor din sistemul electroenergetic.

Astfel, de exemplu, a fost necesară reluarea problemei optimizării secțiunii și numărului conductoarelor liniilor electrice de transport și implicit a tuturor componentelor liniilor de transport (stîlpi, fundații, izolatoare, cleme etc.). Un studiu de acest gen, cu caracter de directivă, a fost întocmit în cursul anului 1979. Pe baza acestei lucrări s-a luat decizia modificării secțiunii conductoarelor liniilor de 400 kV, de la secțiunea totală pe fază de 900 mm² OL-AL (constituită din două conductoare de 450 mm² OL-AL) — secțiune care s-a utilizat la liniile construite pînă în prezent pe baza unor studii și decizii anterioare — la secțiunea totală pe fază de 1350 mm² OL-AL (constituită din trei conductoare de 450 mm² OL-AL) pentru liniile ce urmează a se construi. Soluția cu modificarea secțiunii totale și a numărului de conductoare pe fază a rezultat optimă economic, considerînd că suplimentul de energie electrică necesar pentru acoperirea pierderilor ar trebui produs în centrale funcționînd cu păcură din import la cursul mondial al prețurilor produselor petroliere.

În ceea ce privește dimensionarea configurației rețelelor de transport, metodologia de abordare în actualele condiții ale balanței energetice rămîne principial aceeași ca pînă în prezent. Se modifică însă substanțial elementele ce intervin în compararea tehnico-economică a variantelor de configurații. O pondere foarte mare, după cum s-a arătat, au căpătat în calculele tehnico-economice, în stadiul actual, costurile antrenate de pierderile de putere și energie electrică. Din acest motiv rezultă, în general, soluții optime cu rețele mai bogate decît în trecut. Pe de altă parte însă, ritmul mai redus în dezvoltarea consumului conduce la reducerea raportului dintre treptele de tensiuni optime pentru dimensionarea rețelelor și o pondere mai redusă în necesitatea unor rețele la treapta maximă de tensiune standardizată.

Concluzii

Aspectele prezentate demonstrează că în actualele condiții ale balanței energetice au intervenit modificări în principiile și metodologiile folosite la dimensionarea sistemului electroenergetic, pentru a se asigura abordarea și soluționarea corectă a problemelor.

Aceste modificări se referă atît la metodele de prognoză a consumului, cît și la principiile, metodele și rezultatele practice privind dimensionarea centralelor și rețelelor electrice de transport.

Mijloace de combatere a efectelor golurilor de tensiune asupra consumatorilor industriali de energie electrică

dr. ing. **C. Mihăileanu**
— ICCE —
dr. ing. **D. M. Potlog**
și ing. **V. Rugină**
— ICEMENERG —

Odată cu dezvoltarea și modernizarea accelerată a industriei, principalele probleme cu care s-a confruntat energetica industrială au fost asigurarea continuității serviciului și utilizarea rațională a resurselor energetice în procesele tehnologice.

Dacă înainte de anul 1973 primul aspect a avut un caracter predominant, în prezent aspectul referitor la o economie riguroasă a energiei și combustibililor a devenit prioritar. Cu toate acestea, problema parametrilor de calitate a energiei electrice furnizate consumatorilor industriali își menține încă o pregnantă actualitate

1. Golurile de tensiune și efectele lor asupra consumatorilor industriali

Dintre abaterile de la calitatea energiei electrice, o categorie specială o formează golurile de tensiune. Aceste fenomene sînt inevitabile în orice sistem electroenergetic, chiar în cazul unei funcționări absolut normale în limitele tehnice actuale.

Golul de tensiune este definit ca fiind scăderea amplitudinii (sau a valorii eficace) a tensiunii unei rețele electrice într-un anumit punct al acesteia, cuprinsă între o valoare minim sesizabilă și valoarea nominală, și care are o durată de cel mult trei secunde.

Gradul în care un consumator industrial este afectat depinde în principal de caracteristicile perturbației și de sensibilitatea receptoarelor proprii față de aceasta.

Orice gol de tensiune prezintă o serie de caracteristici specifice, atît din punct de vedere calitativ cît și cantitativ. Dintre caracteristicile calitative amintim :

— *originea* (defecte pasagere sau eliminate prin protecții care se produc în liniile electrice aeriene sau în cablu, porniri de agregate mari, necorelate cu puterea de scurtcircuit a rețelei, etc.) ;

— *caracterul inevitabil și aleatoriu*, care impune o studiere pe baze statistice a unor caracteristici ;

— *tipul* (simetric sau nesimetric, din punctul de vedere al fazelor afectate) ;

— *forma* (evoluția pe durata golului a tensiunii reziduale ; se poate vorbi de goluri dreptunghiulare, exponențiale, compuse etc.).

Drept caracteristici cantitative se pot enumera :

— *frecvența de apariție* (f_a) definită prin relația :

$$f_a = \frac{N_g}{T_r},$$

în care N_g este numărul de goluri care apar în timpul de referință, T_r ;

— *tensiunile reziduale relative* (directă — α, inversă — λ, homopolară — δ) :

$$\alpha = \frac{U_1}{U_n}; \quad \lambda = \frac{U_2}{U_n}; \quad \delta = \frac{U_0}{U_n},$$

în care U_1, U_2, U_0 reprezintă valorile componentelor de secvență directă, inversă, repectiv homopolară ;

— *durata* (t_g) reprezintă intervalul de timp între apariția golului și restabilirea tensiunii normale pe toate cele trei faze.

Ținînd seama că receptoarele electrice industriale sînt, în fond, sisteme tehnice, din care, introducînd energie electrică caracterizată prin anumite valori ale mărimilor de intrare (tensiune, frecvență etc.), se obțin servicii a căror utilitate depinde de mărimi de stare de ieșire (debit, forță etc.), golurile de tensiune conduc totdeauna la modificarea calității serviciilor, uneori cu urmări deosebit de grave.

Față de golurile de tensiune, receptoarele electrice industriale prezintă diferite *sensibilități* calitative, determinate de specificul constructiv sau de principiul de funcționare. Se poate vorbi de o *stabilitate dinamică* (caracterizată prin posibilitatea pierderii stabilității dinamice), o *stabilitate termică* (determinată de creșterea solicitărilor termice în elementele receptorului), o *stabilitate electrodinamică* (caracterizată de suprasolicitările produse de forțele electrodinamice), o sensibilitate mecanică etc.

Cantitativ, diferitele sensibilități se pot caracteriza prin anumite valori-limită ale unor mărimi de stare (denumite *criterii de sensibilitate*), la depășirea cărora este necesar ca funcționarea să fie întreruptă pentru a nu se periclita integritatea fizică a receptorului respectiv, sau de la care calitatea serviciilor utile este compromisă și continuarea funcționării în acest regim este dăunătoare. Atingerea sau depășirea unui anumit criteriu de sensibilitate la un gol de tensiune oarecare este determinată de principalele caracteristici ale acestuia : tensiunile reziduale și durata.

De obicei, în studiul comportării diverselor receptoare se utilizează noțiunea de *aptitudine la goluri de tensiune*, prin care se înțelege capacitatea acestora de a suporta un gol de

tensiune fără ca un anumit criteriu de sensibilitate să fie atins. Aptitudinea se poate aprecia cantitativ prin curba (denumită *curbă de aptitudine*) care separă mulțimea golurilor de diferite caracteristici în două categorii : o categorie în care nu se atinge criteriul de sensibilitate considerat (zona de aptitudine) și o alta, în care această valoare este atinsă sau depășită (zona de sensibilitate).

În funcție de natura sensibilității la care se referă, curbele de aptitudine pot fi și ele : dinamice, termice, mecanice etc. În figura 1 sînt prezentate cîteva exemple de curbe de aptitudine care apar mai frecvent la acționările electrice cu motoare sincrone sau asincrone.

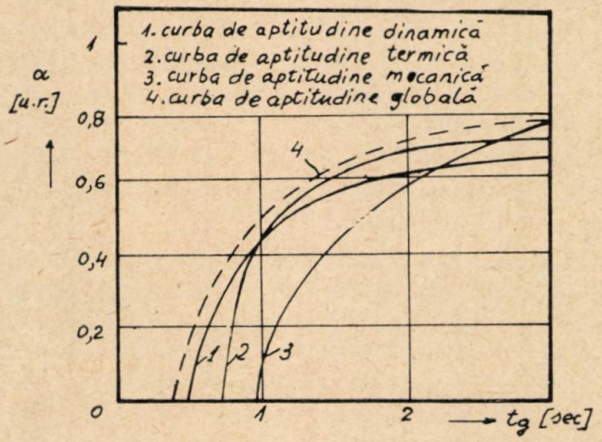


Fig. 1. Exemple de curbe de aptitudine.

După cum se observă, dacă se urmărește caracterizarea receptorului din punctul de vedere al mai multor sensibilități, se poate trasa o curbă de aptitudine globală.

2. Combaterea efectelor golurilor de tensiune

Din prezentarea sumară anterioară a noțiunilor de bază legate de problema golurilor de tensiune se desprind orientările principale ale preocupărilor specialiștilor pentru combaterea efectelor acestor perturbații. Aceste orientări sînt următoarele :

2.1. *Cunoașterea caracteristicilor golurilor de tensiune și aplicarea de măsuri pentru ameliorarea acestora*

Cunoașterea caracteristicilor golurilor de tensiune care apar în punctele de racordare a consumatorilor are o deosebită importanță, deoarece :

— permite, pentru unitățile în fază de proiectare, alegerea unor procese tehnologice și a unor receptoare electrice cu aptitudini la goluri de tensiune adecvate ;

— permite, pentru unitățile în fază de exploatare, stabilirea în deplină cunoștință de cauză a măsurilor tehnice necesar a se lua pentru îmbunătățirea aptitudinii la goluri de tensiune ;

— pune la dispoziția consumatorilor elementele primare pentru calculele economice de evaluare a efectelor golurilor de tensiune și de apreciere a eficienței diferitelor soluții de combatere a acestor efecte ;

— permite furnizorului de energie electrică să compare starea diferitelor rețele, să aleagă soluții de alimentare corespunzătoare specificului consumatorului, să stabilească măsuri pentru ameliorarea caracteristicilor golurilor și să verifice eficacitatea aplicării acestor măsuri.

De aceea, în ultima perioadă, într-o serie de țări, printre care și România, s-au elaborat statistici de mare amploare și s-a căutat stabilirea unor legi probabilistice de determinare a caracteristicilor golurilor din rețele de diferite niveluri de tensiune.

În țara noastră, acest gen de preocupări datează din anul 1967. Statisticile s-au făcut pe baza înregistrărilor obținute cu ajutorul osciloperturbografelor montate în sistemul energetic național. Pe baza prelucrărilor efectuate s-au stabilit următoarele relații pentru repartițiile procentuale ale golurilor de tensiune cu tensiunea directă reziduală mai mică decît α :

$$p_m = 0{,}429 \cdot \left(\frac{0{,}333}{1 - \alpha} - 1 \right) \cdot 100 ;$$

$$p_b = 0{,}167 \cdot \left(\frac{0{,}667}{1 - \alpha} - 1 \right) \cdot 100$$

$$p_t = 0{,}111 \cdot \left(\frac{1}{1 - \alpha} - 1 \right) \cdot 100,$$

în care p_m, p_b, p_t reprezintă repartițiile (în %) ale golurilor monofazate, bifazate și respectiv trifazate.

Pentru stabilirea numărului probabil anual (N), s-au propus două căi :

— la nodurile pentru care există evidența golurilor din ultimii ani, se ia media anuală în calcule de prognoză ;

— la nodurile pentru care nu există o astfel de evidență, numărul probabil anual se poate lua fie prin asimilare (cu cel dintr-un nod alăturat cunoscut, cu media unor noduri apropiate cunoscute sau cu media pe sistem), fie prin următorul calcul aproximativ :

— se determină raza zonei în care producerea de defecte generează goluri de tensiune în nodul considerat, cu relația :

$$R[\text{km}] = 10 \cdot U_n^2 / S_{sc},$$

în care tensiunea nominală, U_n, este exprimată în kV, iar puterea de scurtcircuit, S_{sc}, în MVA ;

— se determină lungimea (l) a liniilor din această zonă, în km ;

— se calculează valoarea lui N cu relația :

$$N = 1 \cdot n/100,$$

unde n este numărul de defecte la 100 km de linie pe an.

Avînd valoarea lui N, prin înmulțirea acesteia cu repartițiile procentuale prezentate mai sus, se determină numărul probabil anual al golurilor de tensiune de diferite caracteristici.

În ceea ce privește posibilitățile de ameliorare a caracteristicilor golurilor de tensiune, eforturile furnizorului și cele ale consumatorului se orientează în primul rînd pentru menținerea unei stări tehnice corespunzătoare a instalațiilor electroenergetice.

Pentru exemplificare, se prezintă în figurile 2 și 3 evoluția caracteristicilor golurilor de tensiune provenind din sistem în nodul de racordare a unui combinat de îngrășăminte chimice.

După cum se observă, începînd cu anul 1972 se produce o ameliorare considerabilă a caracteristicilor golurilor resimțite la consumator.

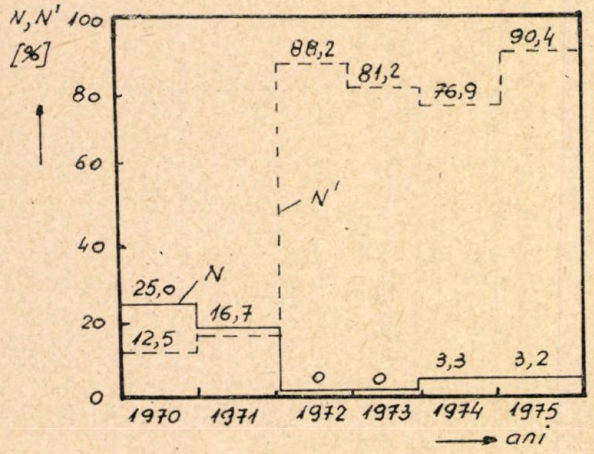


Fig. 2. Numărul procentual anual de goluri cu tensiune reziduală mai mică decît 0,3 U_n (N) și mai mare decît 0,6 U_n(N').

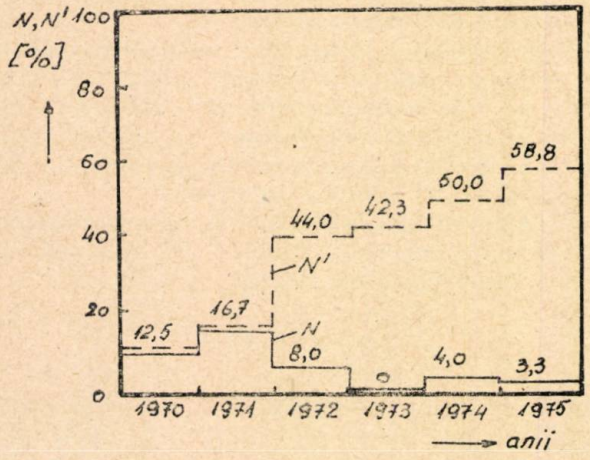


Fig. 3. Numărul procentual anual de goluri cu durata mai mare de 0,6 s (N) și mai mică de 0,2 s (N').

Explicația acestui fapt constă în diferite măsuri aplicate de furnizor, cum ar fi :

— îmbunătățirea alimentării din sistem (prin funcționarea cu cupla longitudinală de 110 kV, din stație, închisă ; realizarea de RAR monofazat ; montarea protecției diferențiale pe secțiile de bare de 110 kV etc.) ;

— înlocuirea unor echipamente cu fiabilitate scăzută (de exemplu, a unor întrerupătoare IUP cu HPGE, a izolatoarelor de tip IC4 cu VKL, a separatoarelor cu izolație normală cu separatoare avînd izolatoare cu linia de fugă mărită, a unor relee cu comportare nesigură etc.) ;

— modernizarea și raționalizarea circuitelor secundare ;

— încercări preventive cu tensiune mărită și la impuls a aparatajului primar din stație ;

— tratarea periodică a izolației aparatajului și barelor prin ungere cu unsoare siliconică în scopul reducerii efectelor poluării.

2.2. *Insensibilizarea instalațiilor electroenergetice ale consumatorilor*

Dintre receptoarele electrice utilizate frecvent în industrie, o sensibilitate deosebită la goluri de tensiune o prezintă următoarele :

a) *Acționările electrice cu motoare asincrone și sincrone*, în ordinea creșterii sensibilității

— motoare asincrone cu dublă colivie ;
— motoare asincrone cu colivie cu bare înalte ;
— motoare asincrone cu colivie cu bare rotunde ;
— motoare asincrone cu rotor bobinat ;
— motoare sincrone.

La acționări, sensibilitatea pregnantă este cea dinamică (posibilitatea pierderii stabilității dinamice).

Curbele de aptitudine dinamică ale acționărilor electrice se obțin cu ajutorul modelării matematice a acestora, simulînd prezența golurilor de tensiune de diferite caracteristici pînă la atingerea criteriului de stabilitate (unghiul intern la motoarele sincrone, respectiv alunecarea critică la motoarele asincrone).

Pe baza curbelor de aptitudine, au fost concepute sisteme de protecție și automatizări care să permită utilizarea aproape integrală a capacității intrinseci a acționărilor de a suporta goluri de tensiune. Dintre acestea se pot menționa :

— protecții de minimă tensiune cu caracteristică dependentă. Acest gen de protecții tinde să realizeze o caracteristică care să urmărească curba de aptitudine a motorului. Ele se pot realiza cu elemente clasice (relee electromagnetice), obținîndu-se caracteristici în trepte, sau cu elemente electronice (un asemenea releu a fost conceput și realizat la ICEMENERG), cînd aproximarea curbei atinge un grad mai ridicat ;

— instalații complexe de automatizare, care urmăresc principalele mărimi de stare ale

acționării și comandă trecerea în diferite regimuri de funcționare, în scopul menținerii în funcțiune a procesului tehnologic. O astfel de instalație a fost realizată și experimentată de către I.P. Iași în colaborare cu AZOMUREȘ, în vederea funcționării motoarelor sincrone la goluri de tensiune și microîntreruperi.

O altă cale de insensibilizare a acționărilor electrice o constituie alegerea unor parametri adecvați ai acestora. Astfel, se poate exemplifica prin faptul că realizarea în cazul motoarelor asincrone celor mai sensibile (motoare cu rotor bobinat, care antrenează mașini de lucru cu cuplu rezistent constant) a unui moment de inerție (J_{anec}) sau a unei rezistențe rotorice de fază (R_{Rnec}), definite prin relațiile :

$$J_{anec} = J_a \cdot \frac{3}{t_{cr}}; \quad R_{Rnec} = R_R \cdot \frac{3}{t_{cr}},$$

conduce la o insensibilizare totală la goluri de tensiune. În relațiile precedente, notațiile au semnificațiile :

J_a — momentul de inerție al ansamblului ;

R_R — rezistența de fază a înfășurării rotorice ;

$t_{cr} = T_m \cdot (s_{cr} - s_n)$ — durata golului corespunzătoare tensiunii reziduale directe nule ($\alpha = 0$) la care acționarea este încă stabilă dinamic ;

T_m — constanta mecanică de timp ;

s_{cr}, s_n — alunecarea critică, respectiv cea nominală.

În mod similar, pentru acționările cu motoare sincrone valoarea momentului de inerție necesar insensibilizării poate fi calculată cu relația :

$$J_{anec} = \frac{9 \cdot p \cdot C_n}{\omega(\delta_{cr} - \delta_n)},$$

unde

p reprezintă numărul de perechi de poli ;

C_n — cuplul nominal ;

ω — pulsația tensiunii rețelei ;

δ_{cr}, δ_n — unghiul intern critic, respectiv cel nominal.

b) *Convertizoarele cu elemente statice.* La convertizoarele cu tiristoare, golurile de tensiune pot provoca următoarele regimuri periculoase :

— fenomenul de decroșaj (menținerea în stare deschisă a unuia sau a mai multor tiristoare atunci cînd acestea ar trebui să fie blocate). Apariția decroșajului produce totdeauna supracurenți și de aceea este necesară deconectarea instalației ;

— ruperea sincronismului între impulsurile de comandă și tensiunile anodice, deci comenzi intempestive ale grilelor însoțite de curenți mari ;

— nepotriviri între funcționarea circuitelor auxiliare și cea a circuitelor principale care conduc la funcționarea incorectă a întregului ansamblu.

Ca sisteme de protecție împotriva efectelor golurilor de tensiune se utilizează :

— în cazul convertizoarelor nereversibile, blocarea instantanee a grilelor atunci cînd valoarea tensiunii a scăzut sub o anumită limită ;

— la convertizoarele care funcționează o parte importantă de timp în regim de ondulor, blocarea grilelor este interzisă. Soluțiile curente prevăd în circuitul de c.c. un disjunctor ultrarapid acționat instantaneu de un releu de minimă tensiune, urmînd ca deschiderea întrerupătorului pe partea de c.a. să se facă ulterior.

c) *Contactoarele și ruptoarele electromagnetice.* Deși prezența golurilor de tensiune nu afectează direct acest gen de aparate, comenzile pe care acestea le asigură devin nesigure și, însoțite de efecte negative.

Dacă golul de tensiune apare în momentul unei anclanșări, aceasta va fi ratată, iar dacă perturbația se produce la o declanșare, aceasta va fi facilitată. Aceste două cazuri sînt rar întîlnite, în mod curent golurile de tensiune apărînd atunci cînd contactorul este în poziția închis și provocînd deconectarea receptorului comandat. Pentru evitarea declanșărilor intempestive, se utilizează o serie de montaje care, principial, pot fi împărțite în două grupe :

— scheme care lasă contactorul să se deschidă la un gol de tensiune, dar asigură reanclanșarea dacă durata golului nu depășește o anumită limită ;

— scheme care asigură menținerea închisă a contactorului pe durata golului de tensiune, dar comandă deconectarea dacă aceasta depășește o anumită limită prescrisă.

Au fost concepute și realizate o serie de dispozitive de alimentare cu energie electrică a receptoarelor industriale sensibile la goluri de tensiune. În principiu, fiecare sistem se bazează pe înmagazinarea unei cantități de energie sub o anumită formă în timpul regimului normal de funcționare și redarea acesteia sub formă de energie electrică pe durata golurilor de tensiune. Astfel, se pot cita :

— sisteme cu înmagazinare de energie cinetică ;

— sisteme cu înmagazinare de energie electrică ;

— sisteme cu înmagazinarea a mai multor forme de energie.

Concluzii

Deși în actuala conjunctură energetică eficiența utilizării resurselor energetice a căpătat un rol primordial, problemele asigurării conti-

nuității serviciului în funcționarea instalațiilor electroenergetice (printre care și cea a reducerii efectelor golurilor de tensiune) își menține o importanță ridicată.

România a contribuit în mod concludent la rezolvarea problemelor tehnice legate de golurile de tensiune, în prezent putîndu-se vorbi de o adevărată școală românească în acest domeniu.

Bibliografie

[1] Mihăileanu, C. *Aspects statistiques des creux de tension dans le réseau roumain de transport.* CIGRE — com. 19, 1967, R-Ge/67—1.

[2] Mihăileanu, C și Potlog, D.M. *Goluri de tensiune în sisteme electroenergetice.* Editura tehnică, București, 1979.

[3] Albert, H., Florea, I. și Iordănescu, I. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale.* Editura tehnică, București.

[4] Rugină, V. *Caracteristicile golurilor de tensiune din rețelele de 110 și 220 kV.* ICEMENERG, București, 1975.

[5] Poeată, A., Ivas, D., Ilinca, M. și Alexandrescu, V. *Posibilități de calcul prin simulare numerică a efectelor golurilor de tensiune pe barele unui consumator industrial.* Simpozion ICCE, București, 1977.

[6] Zărnescu, H., Cepoiu, Gh. și Ijac, Gh. *Metodă și instalație pentru menținerea în funcțiune a motoarelor sincrone la variații și întreruperi scurte ale tensiunii de alimentare.* Brevet OSIM nr. 56733 /1969.

[7] Soennen, L. *Le creux de tension, ses caractéristiques — ses conséquences.* LABORELEC, Bruxelles, 1970.

Reducerea consumului propriu tehnologic în rețeaua de transport a SEN prin optimizarea nivelurilor de tensiuni

dr. ing. **Gh. Bălan**, ing. **J. Constantinescu** și ing. **V. Neagu**
— ICEMENERG —

În domeniul determinării regimurilor de funcționare a rețelelor sistemelor electroenergetice, tendința modernă este ca acestea să fie tratate ca o problemă de optimizare.

Pentru rezolvarea cazului general al problemei optimizării unui regim, funcția-obiectiv se poate scrie astfel încît să exprime costul generărilor, valoarea pierderilor de putere activă și eventualele limitări de puteri la nodurile de sarcină:

$$F(y) = \sum_{i=1}^{N} (\alpha_i P_{gi}(y) - \beta_i P_{si}) + p\Delta P(y) \qquad (1)$$

În expresia de mai sus, α_i, β_i, p sînt coeficienți, y reprezintă mărimi de regim și parametri reglabili ai sistemului, iar indicii g și s se referă la nodurile generatoare, respectiv de sarcină.

Atribuind valori particulare coeficienților constanți, se pot soluționa următoarele cazuri particulare:

a) regimul staționar clasic ($\alpha_i = \beta_i = 0$, $p = 0$), caracterizat prin valori constante și cunoscute ale puterilor nodale;

b) regimul staționar caracterizat prin pierderi minime de putere activă ($\alpha_i = \beta_i = 0$);

c) repartizarea optimă a puterilor active produse de centrale ($\beta_i = 0$, α_i egali cu costul relativ al generării de putere activă în nodul i);

d) regimul staționar cu cele mai favorabile limitări de putere la consumatori ($\alpha_i = 0$, $p = 0$, β_i egali cu prioritățile relative ale fiecărui nod de sarcină);

e) distribuția puterii maxime a centralelor cu minimul de pierderi active ($\alpha_i = 0$, $p = 1$, $\beta_i = 1$);

f) determinarea legăturilor slabe în rețea prin mărirea artificială a limitelor de variație ale puterilor nodale, pînă cînd anumiți consumatori nu mai pot primi puterea necesară (calculul se poate efectua cu $p = 0$ sau $p = 1$).

Deoarece puterile active sînt stabilite în primul rînd pe baza disponibilităților de combustibili și a caracteristicilor instalațiilor din centrale, iar consumurile tehnologice ale rețelelor sînt relativ mai puțin influențate de circulațiile de putere activă în rețele, soluția prezentată în lucrare se limitează la reducerea consumurilor proprii tehnologice de energie activă prin valorificarea optimă a surselor de putere reactivă și a mijloacelor de reglare a tensiunii instalate în sistem.

Pentru a putea efectua un reglaj eficient al tensiunii, care să conducă la reducerea consumului tehnologic, trebuie să existe o rezervă suficientă de putere reactivă în sistem, iar mijloacele de reglaj al acesteia să fie repartizate echilibrat pe zone pentru evitarea circulației de puteri reactive mari pe liniile de interconexiune, cu efecte negative asupra consumului propriu tehnologic.

Modificarea circulațiilor de putere reactivă în diferitele elemente ale rețelei este posibilă și prin modificarea structurii acesteia. Prin alegerea optimă a punctelor de debuclare în rețea se pot obține regimuri cu consumuri tehnologice reduse, cu menținerea și a unui grad de siguranță corespunzător.

La amplasarea surselor de energie reactivă și a mijloacelor de reglare a tensiunii este necesar să fie determinate punctele din sistem unde se obțin efecte maxime sub aspectul influenței calității regimului.

Se pot folosi în acest scop coeficienți de sensibilitate care exprimă variația consumului teh-

nologic (sau tensiunii) la o modificare unitară a puterii reactive a surselor sau tensiunii.

Este de asemenea necesară determinarea mărimii optime a surselor de putere reactivă pe baza unui calcul tehnico-economic în care să se ia în considerare costurile instalațiilor de producere a energiei reactive și consumurile de energie în rețea.

În concluzie, optimizarea nivelurilor de tensiuni în sistemul electroenergetic presupune stabilirea punctelor din rețea unde trebuie efectuat reglajul tensiunii, a domeniului de reglaj și metodei sau mijlocului cu care se efectuează acest reglaj.

Determinarea nivelului tensiunii în fiecare nod reglat face necesară folosirea unei metode de optimizare care trebuie să țină seama de o serie de restricții, cum ar fi : asigurarea unui grad de stabilitate statică corespunzător, evitarea supraîncărcării unor artere sau a unor pierderi corona mari în condiții meteorologice nefavorabile.

În prezent, în SEN reglarea puterii reactive se realizează cu ajutorul mijloacelor clasice :

— excitația generatoarelor ;

— bateriile de condensatoare ; sînt montate în rețelele de medie tensiune și la consumatorii industriali, au indicii economici avantajoși și siguranță de funcționare corespunzătoare ;

— compensatoarele sincrone ; pot efectua un reglaj continuu al puterii reactive, independent de valoarea tensiunii, și sînt instalate pe terțiarul unor transformatoare ;

— bobinele de reactanță sînt instalate pe liniile de interconexiune ale SEN, pe terțiarul unor transformatoare.

În cadrul metodei care se prezintă, ca variabile de reglaj s-au considerat puterea reactivă debitată de generatoare și raportul de transformare al autotransformatoarelor cu reglaj sub sarcină.

Deoarece funcția-obiectiv și o parte din restricții se exprimă prin relații care depind neliniar de variabile și sînt independente de timp, optimizarea regimului staționar este o problemă de programare neliniară, statică.

Variabilele care intervin se grupează în două categorii :

a) variabile dependente (reglate) ;

$$x = \{U_s,\ \delta_s,\ \delta_g\} \tag{2}$$

b) variabile independente (de reglaj) ;

$$u = \{U_g,\ k_T\} \tag{3}$$

unde U_s, U_g reprezintă modulul tensiunii la nodurile generatoare, respectiv nodurile de sarcină, δ_s și δ_g sînt argumentele tensiunilor, iar k_T reprezintă rapoartele de transformare.

Problema pentru care se caută o soluție este de forma :

$$min\ F(x,\ u) \tag{4}$$

cu respectarea restricțiilor :

— neliniare de egalitate

$$H(x,\ u) = 0 \tag{5}$$

— liniare și neliniare de inegalitate

$$G(x,\ u) \leqslant 0 \tag{6}$$

Mulțimea restricțiilor de egalitate se referă la ecuațiile de bilanț la nodurile rețelei, iar cele de inegalitate se referă la încadrarea mărimilor în plaja de variație admisibilă.

Algoritmul de soluționare utilizat aparține metodelor de gradient. Aceste metode utilizează panta funcției-obiectiv pentru determinarea direcției spre starea optimă.

Soluția adoptată constituie un caz particular al metodelor de gradient. Ea este cunoscută sub numele de „metoda gradientului redus", deoarece utilizează ca vector direcție numai derivatele în raport cu elementele vectorului U al funcției-obiectiv.

Starea inițială, de la care se pornește în soluționarea problemei, corespunde unei situații posibile de funcționare a sistemului ; următoarele se obțin iterativ din starea anterioară, printr-o relație în care intervin un vector „direcție" și mărimea pasului de avans spre starea optimă. Noile valori ale variabilelor de reglaj se obțin cu relația :

$$U^{k+1} = U^k - Id_U^k, \tag{7}$$

în care k este indicele de pas, I — matricea-unitate, iar d_U^k — vectorul direcție, care se determină cu relația :

$$d_U^k = \left(\frac{\partial^2 F}{\partial u^2}\right)^{-1} \frac{\partial F}{\partial u}\bigg|_{u^k} \tag{8}$$

O parte din restricțiile de inegalitate, și anume cele care se referă la variabilele x, se introduc în F, rezultînd :

$$F' = \Delta P + \sum_{i \in N'_s} \mu_i (U_i - U_i^{lim})^2, \tag{9}$$

în care N'_s reprezintă mulțimea nodurilor de sarcină la care tensiunea depășește limitele impuse.

În termenul ΔP intră atît pierderile Joule-Lentz (ΔP_j), cît și pierderile corona (ΔP_c) pe liniile rețelei analizate.

Pierderile corona pe o linie se calculează printr-o relație valabilă pe domeniul de variație admis pentru tensiunea liniei :

$$\Delta P_{cij} = a + b\frac{U_i^2 + U_j^2}{2}, \tag{10}$$

în care a și b sînt coeficienți determinați pentru fiecare linie în parte.

F' se minimizează prin metoda multiplicatorilor Lagrange, neglijîndu-se restricțiile de inegalitate impuse variabilelor U.

Aceste restricții se iau în considerare într-o etapă de calcul distinctă prin fixarea variabilelor U, dacă este cazul, la una din limite. Cele două etape se parcurg iterativ, pînă cînd nu se mai constată modificări importante ale funcției F'.

Dacă se notează:

$$L = F' + \lambda H^t, \tag{11}$$

prima etapă implică rezolvarea următoarelor trei sisteme de ecuații:

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = H^t = 0 \tag{12}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\partial F'}{\partial x} + \lambda J_x^t = 0 \tag{13}$$

$$\frac{\partial L}{\partial u} = \frac{\partial F'}{\partial u} + \lambda J_u^t = 0 \tag{14}$$

în care J_x și J_u sînt iacobienii sistemului (5), corespunzători variabilelor x și u, iar $\frac{\partial F'}{\partial u} = \nabla_u F$ — gradientul redus al funcției F'.

λ determinat din ecuațiile (13) se introduce în (14) pentru determinarea indirectă a gradientului redus.

Metoda a fost ulterior modificată [4] pentru a fi implementată într-un program de calcul al regimurilor staționare prin procedeul decuplării. Adoptîndu-se ipotezele „decuplării"

$$\frac{\partial P_i}{\partial U_j} \approx 0$$

$$\frac{\partial Q_i}{\partial \theta_j} \approx 0 \tag{15}$$

ecuațiile (12), (13), (14) devin:

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = H^t = 0 \tag{12'}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \begin{vmatrix} \frac{\partial F'}{\partial U_s} \\ \frac{\partial F'}{\partial \theta} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \lambda_Q & \lambda_P \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \frac{\partial Q}{\partial U_s} & 0 \\ 0 & \frac{\partial P}{\partial \theta} \end{vmatrix} = 0 \tag{13'}$$

$$\frac{\partial L}{\partial u} = \frac{\partial F'}{\partial u} + \lambda_Q \frac{\partial Q}{\partial u} = 0 \tag{14'}$$

În consecință, sistemul de ecuații, care se rezolvă de asemenea în două etape, prin metoda factorizării optimale, este de forma:

$$H^t = 0 \tag{12''}$$

$$\frac{\partial F'}{\partial U_s} + \lambda_Q \frac{\partial Q}{\partial U_s} = 0 \tag{13''}$$

$$\frac{\partial L}{\partial u} = \frac{\partial F'}{\partial u} + \lambda_Q \frac{\partial Q}{\partial u} = 0 \tag{14''}$$

Noua variantă a metodei prezintă avantajul că necesită un volum redus de calcule, permite analizarea unor rețele cu un număr mai mare de noduri, iar odată cu determinarea regimului staționar se dispune și de termenii $\frac{\partial Q}{\partial U_s}$, $\frac{\partial Q}{\partial u}$, necesari în etapele ulterioare.

Programul de calcul este scris în limbajul FORTRAN IV pentru calculatorul FELIX C-256 și permite optimizarea regimului unor rețele cu maximum 1000 noduri și 1300 elemente de rețea.

Aplicațiile efectuate pe scheme reale ale SEN au arătat că:

— starea optimă se obține după 4—5-regimuri succesive;

— regimul staționar optimizat este caracterizat prin pierderi de putere activă cu 3—5% mai mici;

— adoptarea unor coeficienți de penalizare (μ_i) mari accelerează atragerea tensiunilor nodurilor în banda de variație permisă, dar poate conduce la divergențe de calcul.

Bibliografie

[1] * * * *Cercetări privind tratarea regimurilor staționare ale sistemului electroenergetic ca o problemă de optimizare.* Lucrare ICEMENERG, 1973.

[2] * * * *Studiu privind oportunitatea realizării reglajului automat al tensiunii și puterii reactive în rețeaua de 220 kV și 400 kV cu preluarea unor funcții speciale în regimuri de avarie.* Lucrare ICEMENERG, 1979.

[3] * * * *Determinarea circulațiilor de puteri și a nivelurilor de tensiune în rețelele de 110 kV, 220 kV și 400 kV, în vederea minimizării c.p.t.* Lucrare ICEMENERG, 1978.

[4] * * * *Program pentru calculul regimurilor staționare ale rețelelor de dimensiuni mari.* Lucrare ICEMENERG, 1979.

[5] * * * *Stabilirea criteriilor optime de reducere a nivelului consumului tehnologic în rețelele electrice de transport și distribuție ținînd seama de siguranța în funcționare a SEN.* Lucrare ICEMENERG, 1979.

Determinarea comportării dinamice a sistemului energetic pe intervale mari de timp, urmare a unor perturbații succesive în sistem

dr. doc. ing. **Paul Dimo**,
membru corespondent al Academiei R.S.R.,
ing. **J. Constantinescu**, dr. ing. **M. Pomârleanu**, ing. **Radu Ion**,
tehn. **Nicolae Ion**
— ICEMENERG —

Cercetarea dinamicii sistemelor electroenergetice pe intervale de timp de ordinul minutelor, provocată de perturbații importante în sistem, a constituit obiectul unui program de cercetare al Companiei „General Electric" [1].

Programul de calcul elaborat în anul 1974 ca prototip, pentru calculatoarele HONEYWELL 6080, se numește LOTDYS-Long Term Dynamics Simulation.

Avînd în vedere importanța deosebită pe care o reprezintă acest model nou de calcul pentru verificarea siguranței regimurilor sistemului electroenergetic și pentru identificarea acțiunilor de prevenire sau atenuare a stărilor critice ce ar putea rezulta în urma unor anumite succesiuni de evenimente, în anul 1976, în ICEMENERG, se trece la asimilarea programului LOTDYS și la adaptarea acestuia la particularitățile SEN și ale mijloacelor de calcul din țara noastră [2], [3], [4].

*

Versiunea de program LOTDYS-R asimilată în ICEMENERG conservă principiile de bază ale metodei originale și mare parte din reprezentările instalațiilor electroenergetice din sistem.

Modificările și completările aduse privesc îndeosebi algoritmul de soluționare a ecuațiilor care descriu interconexiunea diverselor modele care reprezintă instalațiile din centrale, consumatorii și dispozitivele de automatizare.

Aceste modificări au avut ca scop :

— reducerea volumului total de calcule ;

— reducerea necesarului de memorie-calculator ;

— introducerea posibilității de reducere automată a dimensiunilor rețelei electrice analizate, prin utilizarea modelelor echivalente REI-DIMO ;

— perfecționarea și simplificarea modului de întocmire a datelor inițiale și a prezentării rezultatelor calculului ;

— introducerea unor noi posibilități pentru definirea succesiunii prestabilite de evenimente (scenariul).

Pentru crearea condițiilor de utilizare a noii tehnici de calcul, s-a trecut la stabilirea parametrilor modelelor de calcul specifice metodei, corespunzători instalațiilor din centralele SEN (instalații de cazane, instalații hidromecanice, servicii interne ș.a.).

1. Principiile de bază ale algoritmului de calcul

Algoritmul de simulare a fenomenelor dinamice pe termen lung prezintă unele particularități, care-l deosebesc fundamental de metodele de analiză a stabilității tranzitorii „clasice" a sistemelor electroenergetice.

Acestea sînt următoarele :

a) Oscilațiile rapide dintre mașinile electrice din sistem sînt neglijate.

b) Frecvența sistemului este variabilă. Ea este aceeași în toate punctele sistemului, ipoteză care presupune o aceeași variație a vitezei de rotație a rotoarelor mașinilor sincrone și, implicit, repartizarea pe generatoare a dezechilibrului total dintre puterile mecanice și cele electrice proporțional cu constantele de inerție ale rotoarelor.

c) Instalațiile termo și hidromecanice se reprezintă cu un grad de complexitate deosebit. Se modelează procesele din instalațiile de cazane și turbine, automatizările aferente, instalațiile de servicii interne (prin caracteristici dependente de frecvență și tensiune) ș.a. De asemenea, se modelează sistemul de reglare automată a frecvenței și puterii de schimb (RAFP), automatica de descărcare a sarcinii la scăderea frecvenței (DASF), instalațiile de reglare automată a tensiunii la consumatori, variația parametrilor rețelei și sarcinilor cu frecvența și tensiunea, saturația transformatoarelor și generatoarelor sincrone.

d) Studiul dinamicii sistemului este prelungit pe o perioadă de ordinul minutelor sau chiar zecilor de minute, față de numai cîteva secunde cît este în cazul utilizării programelor de verificare a stabilității tranzitorii.

Programul elaborat este astfel organizat încît să permită determinarea efectelor unor evenimente cuprinse într-un scenariu precomandat. La acestea se pot adăuga altele, rezultate în urma acționării diverselor instalații de reglaj, automaticilor și protecțiilor.

Tipurile de evenimente incluse în scenariul inițial sînt :

a) modificarea treptată a sarcinii reactive în noduri specificate ;

b) declanșarea unor generatoare oarecare și transformatoarelor aferente ;

c) declanșarea unor elemente de rețea ;

d) încărcarea/descărcarea manuală a unor grupuri ;

e) reducerea sarcinii unor grupuri datorită declanșării unor servicii interne ;

f) modificarea unor sarcini în noduri specificate (inclusiv aruncare de sarcini) ;

g) modificarea limitelor de putere reactivă la unele generatoare.

Evenimentele ulterioare, în cea mai mare parte imposibil de prevăzut, simulează fie declanşări intempestive în sistem, fie acţiuni ale personalului de exploatare.

Se ajunge în acest fel la o familie de evenimente care determină dinamica întregului ansamblu studiat pe durata de timp specificată.

2. Principalele relaţii de calcul

2.1. *Calculul frecvenţei*

Frecvenţa se calculează (în unităţi relative) prin integrarea în raport cu timpul a puterii de accelerare totale a sistemului

$$\omega = \int \sum_i \frac{P_{Mi} - P_{Ei}}{J\omega} \, dt = \int \frac{P_{acc}}{J\omega} \, dt, \qquad (1)$$

unde

$$J = \sum_i J_i \qquad (2)$$

J_i fiind constanta de inerţie a generatorului i (MWs/MVA);

P_{Mi} — puterea mecanică la arborele generatorului i (u.r.);

P_{Ei} — puterea electrică la bornele generatorului i (u.r.);

ω — frecvenţa sistemului (u.r.);

P_{acc} — puterea de accelerare (u.r.).

$$P_{acc} = \sum_i P_{Mi} - \sum_i P_{Ei} = \sum_i P_{Mi} - P_L - \sum_j P_{sj} \qquad (3)$$

în care

P_L este puterea activă pierdută în elementele reţelei (u.r.);

P_{sj} — puterea activă consumată în nodul j (u.r.).

2.2. *Calculul regimului staţionar al sistemului la un anumit pas al simulării*

Ipoteza clasică care stă la baza determinării regimului staţionar al unui sistem electroenergetic presupune că frecvenţa este constantă în sistem. În consecinţă, dezechilibrul total de puteri din nodurile sistemului se preia de către un generator „de echilibrare", conectat într-un nod specificat.

Admiţînd ipoteza frecvenţei variabile (dar egală în toate punctele sistemului), puterea de accelerare se repartizează pe toate generatoarele, proporţional cu constantele de inerţie ale acestora, respectiv:

$$F_i P_{acc} = P_{Mi} - P_{Ei} \qquad (4)$$

cu

$$F_i = J_i / J \qquad (5)$$

Mărimile de regim se determină prin metoda Newton-Raphson. Pentru a ţine seama de condiţia (4), ecuaţiile liniarizate din metoda Newton-Raphson devin:

$$\begin{bmatrix} \Delta R \\ \Delta Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H' & N' \\ J & L \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\delta \\ \Delta U/U \end{bmatrix} \qquad (6)$$

în care coeficienţii H'_{ij} şi N'_{ij} se definesc prin relaţiile:

$$H'_{ij} = F_r H_{ij} - F_i H_{rj} \qquad (7)$$

$$N'_{ij} = F_r N_{ij} - F_i N_{rj}$$

iar $\Delta R_j = \begin{cases} F_r \Delta P_j - F_j \Delta P_r, & \text{nod de tip generator} \\ \Delta P_j, & \text{nod de sarcină} \end{cases} \qquad (8)$

$$\Delta P_j = \begin{cases} P_{Mj} - P_j, & \text{nod de tip generator} \\ P_{sj}(U_j, \omega) - P_j, & \text{nod de sarcină} \end{cases} \qquad (9)$$

$$\Delta Q_j = \begin{cases} 0 \\ Q_{sj}(U_j, \omega) - Q_j - Q_{SAT} \end{cases} \qquad (10)$$

(H_{ij}, N_{ij}, J_{ij}, L_{ij} sînt coeficienţi bine cunoscuţi, iar cu r s-a notat nodul de tip generator a cărui tensiune s-a ales ca referinţă pentru unghiuri).

Pentru o soluţionare eficientă, ecuaţiile (6) se rezolvă prin metoda eliminărilor ordonate *). Algoritmul clasic s-a modificat astfel încît să ţină seama de nesimetria structurală a iacobianului rezultată după efectuarea operaţiilor (7). Teoretic, regimul staţionar al sistemului ar trebui determinat exact, la fiecare pas al simulării. Deoarece, în multe situaţii, pe durata mai multor paşi de calcul regimul sistemului nu prezintă modificări importante, în aceste intervale se substituie recalcularea exactă a regimului cu un procedeu de extrapolare.

Recalcularea regimului sistemului are loc obligatoriu în următoarele situaţii:

— puterea de accelerare P_{acc}, determinată prin procedeul de extrapolare, depăşeşte un procent impus din suma puterilor mecanice la arborii generatoarelor;

— sînt necesare calcule pentru simularea operaţiei de reglaj frecvenţă-putere de schimb;

— anumite sarcini au fost modificate prin acţiunea DASF;

— unul sau mai multe elemente ale sistemului au fost declanşate;

— un regulator de tensiune a comutat prizele transformatorului în ultimul pas de calcul.

2.3. *Calculul puterii de accelerare*

Relaţia (3) exprimă o modalitate de calcul a puterii de accelerare, în care caz P_L rezultă din soluţia regimului staţionar la momentul considerat.

Puterea de accelerare se poate determina însă din mărimile corespunzătoare unui regim

*) În versiunea originală a programului, soluţia se obţine după inversarea matricei-iacobian.

anterior momentului considerat, utilizînd o relaţie de extrapolare :

$$P_{acc} = G_1(P_M - P_E^Z) - D\Delta\omega, \qquad (11)$$

unde

G_1 este un vector-rînd care conţine coeficienţii de pondere pentru fiecare generator ;

D — coeficientul de amortizare global al sistemului ;

Z — indice pentru mărimile din regimul anterior momentului considerat ;

$P_M - P_E^Z$ — vector-coloană cu un număr de elemente egal cu numărul generatoarelor din schemă.

Din cei doi termeni ai expresiei (11), primul este proporţional cu dezechilibrul total dintre puterile mecanice la arborii generatoarelor în starea considerată şi puterile active la bornele acestora în regimul anterior, iar al doilea termen este partea din dezechilibrul de puteri active compensată prin variaţia frecvenţei sistemului.

Relaţiile pentru calculul coeficienţilor G_1 şi D se prezintă în detaliu în [1], [3].

Metoda prezentată în [3] permite însă reduceri apreciabile ale numărului de operaţii de calcul şi, în acelaşi timp, de memorie ocupată pe calculator.

3. Modelarea elementelor sistemului electroenergetic

Programul necesită un volum mare de date iniţiale privind sistemul electroenergetic studiat, datorită, în primul rînd, numărului mare de tipuri de elemente ale sistemului reprezentat.

3.1. *Modelul instalaţiilor termomecanice*

Modelul instalaţiilor termomecanice se compune din cinci blocuri distincte, care se condiţionează reciproc (fig. 1) :

a) sistemul coordonator al automatizărilor termomecanice (prezent de obicei la grupurile aflate în reglaj frecvenţă-putere) ;

b) sistemul automatizărilor turbinei cu abur ;

c) turbina cu abur ;

d) sistemul automatizărilor cazanului ;

e) cazanul.

Ipotezele de bază admise la funcţionarea întregului ansamblu sînt următoarele :

— se presupune funcţionarea automată a instalaţiilor (acţiunile omului sînt simulate prin prevederea de către utilizator a modificării datelor la anumite etape de calcul) ;

— dacă la ieşirea de la oricare din blocurile care modelează serviciile interne ale centralei, reprezentate prin funcţiile $AUX1$ şi $AUX2$, se obţine un rezultat egal cu zero, se simulează declanşarea definitivă a centralei sau grupului (datorită scăderii frecvenţei sau tensiunii).

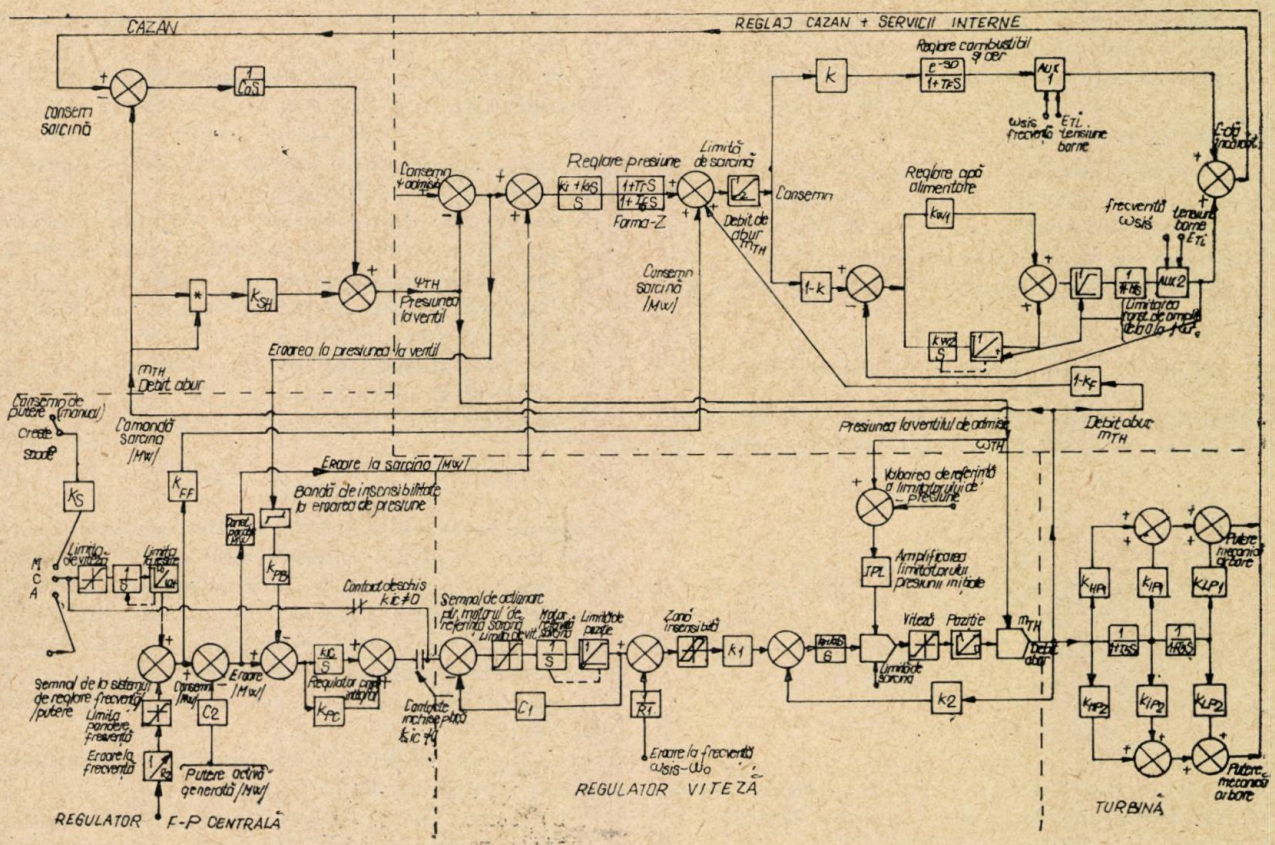


Fig. 1. Schema termomecanică.

Sistemul coordonator al automatizărilor termomecanice asigură comanda prin intermediul regulatorului de viteză a încărcării grupului pe baza comparării puterii cerute cu puterea electrică efectiv produsă.

În același timp, el comandă creșterea sarcinii cazanului. Pentru a coordona încărcarea cerută cu posibilitățile reale ale grupului, sistemul coordonator limitează atît viteza de încărcare, cît și mărimea acestei încărcări.

Automatizările turbinei sînt modelate printr-un regulator de viteză clasic incluzînd posibilitatea prezenței dozajului accelerometric, precum și limitarea încărcării la depășirea puterii mecanice maxime sau la scăderea peste valoarea admisă a presiunii la cazan.

Turbina este modelată fără constante proprii de timp, introducîndu-se în schimb întîrzierile datorate supraîncălzirilor intermediare.

Automatizările cazanelor sînt introduse prin elementele lor esențiale, și anume un regulator principal de presiune de tipul PID și un regulator de presiune amonte turbină acționînd printr-o zonă de insensibilitate proprie asupra sincronizatorului RAV.

Procesele din cazan sînt modelate prin acumulările de abur existente și căderile de presiune din conductele principale.

Algoritmul permite modelarea, prin dozarea proceselor principale, atît a cazanelor cu străbatere forțată, cît și a celor cu tambur. Sînt de asemenea reproduși timpii morți și întîrzierile din instalațiile de alimentare cu combustibil și aer, precum și automatizările și întîrzierile din circuitul de alimentare cu apă.

Modificările posibilității de asigurare a sarcinii datorită reducerii capacității serviciilor interne la scăderea frecvenței sau a valorii tensiunii de alimentare a motoarelor respective constituie o particularitate deosebită a programului de față.

3.2. *Modelul echipamentelor hidromecanice*

Modelul turbinei hidraulice și al sistemului de reglare asociat (fig. 2) este adaptat pasului

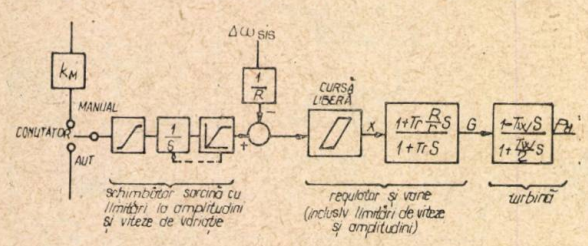


Fig. 2. Schema hidromecanică.

mare de simulare și permite determinarea puterii mecanice la arbore pentru unități de mare sau joasă cădere, pentru cele care funcționează pe firul apei sau în regim de pompare.

Constantele modelului sînt:

R — statismul RAV;
r — statismul tranzitoriu;
T_r — constanta de timp a izodromului;
G_r — limita vitezei de deschidere a vanei;
G_u — limita inferioară a deschiderii vanei corespunzătoare mersului în gol;
T_w — timpul de lansare a apei din conducta forțată.

3.3. *Modelul generatorului electric*

Generatorul electric se modelează prin ecuațiile care descriu regimul staționar de funcționare (fig. 3), adică printr-o tensiune constantă

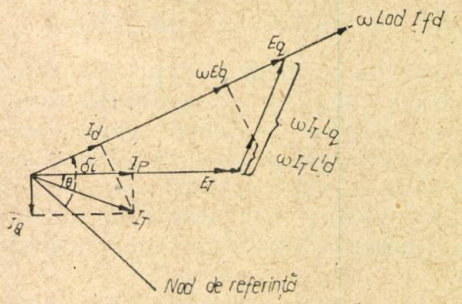


Fig. 3. Diagrama vectorială a generatorului.

la borne atît timp cît reglajul de tensiune poate asigura acest lucru.

Nu se iau în considerație constantele de timp (de altfel, foarte mici) ale regulatorului de tensiune sau ale circuitelor inductive ale generatorului.

Sînt modelate, în schimb, protecțiile și limitările circuitului de excitație (protecțiile la supracurent și la supratensiune, limitele minime de excitație, dependente de sarcina activă, protecția la pierderea excitației).

Tensiunea de excitație la sarcină maximă (V_{fmax}) se admite ca fiind 105% din tensiunea de excitație la sarcină nominală.

Calculul tensiunii de excitație se face cu considerarea saturației, a neuniformității polilor rotorici și a influenței variației frecvenței asupra parametrilor (detalii în [1] și [3]).

Funcția care exprimă saturația:

$$f_{SAT} = Ke^{C(E'_q - 0{,}8)} \qquad (12)$$

se stabilește cu ajutorul curbei de saturație în gol care exprimă dependența dintre tensiunea la borne (sau E'_q) și curentul de excitație.

Cînd, din cauza restricțiilor, sistemul de excitație nu poate asigura condițiile la bornele generatorului, acestea se modelează ca o t.e.m. constantă în spatele unei reactanțe sincrone, astfel:

a) X_d se adaugă la impedanța longitudinală a transformatorului;

b) tensiunea nodului care se formează în spatele reactanței X_d (utilizată în calculul regimului staționar) se ia egală cu E_f.

3.4. *Reprezentarea releelor*

Sistemele de protecții prin relee ale generatoarelor și ale rețelei acționează atît la variații lente, cît și la variații oscilatorii mai rapide ale mărimilor electrice. La simularea dinamicii pe termen lung a sistemului, se neglijează timpii de acționare ai releelor și echipamentelor de comutație.

Declanșarea liniilor, sarcinilor și generatoarelor nu este urmată de reconectarea automată a elementului declanșat.

Sînt reprezentate următoarele tipuri de relee :

a) *Relee de minimă frecvență.* Aceste relee pot declanșa sarcini pentru asigurarea bilanțului de puteri la nivelul sistemului sau generatoare, pentru protecția lor.

Programul conține o logică de acționare a dispozitivelor de descărcare automată a sarcinii (DAS-f) la trei valori diferite (coborîte) ale frecvenței specificate în datele de intrare.

La declanșarea generatoarelor, logica este similară, cu observația că există un singur prag de frecvență.

b) *Relee de minimă tensiune.* Modelul acestor relee este similar releelor de minimă frecvență, cu deosebirea că se include și o temporizare de cîteva secunde.

c) *Relee de distanță.* Sînt modelate scheme de protecție cu trei zone circulare, cu temporizări diferite. Caracteristicile releelor depind de frecvență, respectiv diametrul și unghiul pe un interval limitat depind liniar de variația frecvenței.

d) *Relee de pierdere a excitației.* Modelul acestor relee este similar cu al celor de distanță ; el este aplicat la bornele generatorului și „privește" spre acesta. Generatorul este declanșat instantaneu dacă impedanța sa aparentă este cuprinsă în cercul interior de acționare, sau, după un timp specificat, dacă punctul de funcționare se află în cercul exterior.

3.5. *Reprezentarea sistemului de reglare a frecvenței și puterii generate (RAFP)*

Modelul combină acțiunile sistemului de reglare a frecvenței și puterii de schimb și ale algoritmului de repartiție optimă a sarcinii pe centrale. Este o formă de reglaj frecvență-putere în circuit închis, combinată cu repartiția economică, integrarea binomului făcîndu-se descentralizat.

3.6. *Reprezentarea sarcinilor*

Modelul sarcinii este realizat în ideea importanței deosebite pe care o reprezintă caracteristicile consumatorilor în desfășurarea fenomenelor dinamice pe intervale mari de timp.

Caracteristicile consumatorilor sînt de forma generală :

$$P_i = P_{0i}(\omega)^{\alpha_{Pi}} |U_i|^{k_{Pi}} \text{ (u.r.)}$$
$$Q_i = Q_{0i}(\omega)^{\alpha_{Qi}} |U_i|^{k_{Qi}} \text{ (u.r.)} \qquad (13)$$

unde

P_i, Q_i sînt puterile active și reactive absorbite în nodul i (u.r.) ;
ω — frecvența sistemului (u.r.) ;
U_i — tensiunea în nodul i (u.r.) ;
P_0, Q_0 — puterile absorbite la $\omega_{sis} = U_i = 1$ u.r. ;
α_{Pi}, α_{Qi}, K_{Pi}, K_{Qi} — parametrii modelului.

3.7. *Modelarea liniilor și transformatoarelor*

Liniile electrice se modelează prin cvadripoli π. Reactanțele schemei depind explicit de frecvență. Pentru transformatoare s-a adoptat tot un model în π, care include efectul rezistențelor, al rapoartelor de transformare nenominale și al saturației circuitului magnetic.

4. Programul LOTDYS-R

Programul este scris în limbaj FORTRAN-IV pentru calculatorul FELIX C-256. El este alcătuit din 30 de unități de program organizate în 24 de segmente.

Pentru utilizarea programului, memoria solicitată este de 110 K. Sînt necesare următoarele unități periferice : lector de cartele, imprimantă și două unități de discuri magnetice.

În această variantă, dimensiunile maxime ale rețelei studiate sînt : 100 noduri, 200 legături, 25 generatoare (dintre care 20 turbogeneratoare și 5 hidrogeneratoare), 75 noduri de sarcină, 5 subsisteme, 10 linii de interconexiune.

Calculele se pot efectua pentru scheme cu dimensiunile cuprinse în limitele impuse de program sau pentru scheme cu dimensiunile maxime dictate de posibilitățile programelor de regimuri staționare din pachet, printr-o reducere și prelucrare prealabilă cu ajutorul altor programe [8], [9].

Datele de intrare se organizează într-un pachet care conține 23 de seturi distincte de cartele ; datele referitoare la elementele și nodurile rețelei se preiau de pe disc dintr-un fișier specializat [5].

Durata de calcul depinde de dimensiunile sistemului, de durata și natura scenariului.

Rezultatele se extrag la imprimantă sub forma unor tabele și diagrame.

5. Utilizarea programului

Programul constituie o primă încercare de modelare a fenomenelor care au loc în timpul unor avarii de sistem care se desfășoară pe durate de timp relativ mari. Avînd în vedere complexitatea fenomenelor, modificarea aleatorie a diverșilor parametri ce intervin, programul este recomandat a fi utilizat pentru evidențierea unor fenomene calitative, și mai puțin pentru analize cantitative de detaliu.

Pentru a permite efectuarea studiului într-un timp de calcul neprohibitiv, este indicată reducerea prealabilă a dimensiunilor sistemului studiat, păstrîndu-se cît mai complete numai zone în care mărimile suferă variații mari, cu influență esențială asupra desfășurării procesului dinamic.

În actuala versiune, programul nu permite continuarea calculelor dacă rețeaua sistemului se separă în zone izolate. Calculele trebuie să fie reluate separat pentru zonele care prezintă interes în studiu.

6. Aplicații practice și concluzii

La testarea programului s-a folosit mai întîi sistemul și scenariile prezentate în documentația originală.

Ulterior, programul s-a utilizat în cadrul unor analize de avarii de sistem, precum și la unele studii privitoare la reglarea automaticii de DASF.

Prin specificul său, programul LOTDYS asigură efectuarea unor analize utile care au ca scop final creșterea siguranței funcționării SEN.

Prin prisma acestui obiectiv major, se recomandă familiarizarea cît mai multor specialiști cu aceste fenomene cu caracteristici speciale și generalizarea rezultatelor cercetării noastre.

Anexă

Lista parametrilor instalațiilor termomecanice

R_1 — statism RAV
K_1 — coeficient amplificare RAV
K_2 — coeficient de participare al reacției de la roata Curtis
IP — valoarea de reglaj a limitatorului de presiune
IPL — coeficient de participare a limitatorului de presiune
K_3 — constanta de integrare a servomotorului principal
K_4 — constanta de proporționalitate a servomotorului principal
C_1 — reacția inversă la sincronizator
KHP_1 — cota-parte a corpului de înaltă presiune
KIP — cota-parte a corpului de medie presiune
KLP — cota-parte a corpului de joasă presiune
T_5 — constanta de timp I a supraîncălzitorului intermediar
T_6 — constanta de timp II a supraîncălzitorului intermediar
K_5 — coeficient de încărcare pe poziția „manual"
$1/R_2$ — inversul statismului de la RAFP din centrală
K_{FF} — ponderea erorii de putere ce se transmite la cazan
K_{IC} — constanta de integrare de la regulatorul amonte de presiune
K_{PC} — constanta de proporționalitate de la regulatorul amonte
C_2 — constanta de participare a puterii în RAFP din centrală
K_{PB} — coeficient de participare a acțiunii de la regulatorul amonte de presiune
K_I — constanta de integrare a regulatorului principal de presiune
K_P — constanta de proporționalitate a regulatorului principal de presiune
T_R — constanta de timp corespunzătoare acțiunii după derivată de la regulatorul principal amonte de presiune
K — coeficientul de pondere combustibil-apă
T_F — constanta de timp a instalației combustibil-aer
D — timpul mort al alimentării cu combustibil
Kw_1 — constanta de proporționalitate a reglajului apei de alimentare
Kw_2 — constanta de integrare a reglajului de alimentare
M — constanta de timp a reglajului alimentării cu apă
K_F — coeficientul reacției de debit în comanda cazan
C_D — constanta de acumulare (S)
K_{SH} — coeficient de proporționalitate al căderii de presiune în cazan
$R\%/_{SN\ GEN}$ — rezistență stator
$x'd\%/_{SN\ GEN}$ — reactanța tranzitorie
$xq\%/_{SN\ GEN}$ — reactanța sincronă pe axa transversală
$xd\%/_{SN\ GEN}$ — reactanța sincronă pe axa longitudinală
$\cos \varphi_N$ — factor de putere nominal.
$SN\ GEN/SN\ SIS$ — raportul puterea nominală/putere bază
$f_{decl.}$ — frecvența minimă de declanșare a grupurilor

Bibliografie

[1] * * * *Long Term Power System Dynamics.* Final Report, vol. IA—IB, EPRI, aprilie 1974; *Long Term Power System Simulation Program*, octombrie 1974.
[2] Constantinescu, J. și Nicolae, I. *Algoritm și program pentru analiza incidentelor în S.E.* Lucrare ICEMENERG, 1976.
[3] Constantinescu, J. și Nicolae, I. *Cercetări privind comportarea dinamică pe intervale mari de timp a sistemelor electroenergetice.* Lucrare ICEMENERG, decembrie 1977.
[4] Pomârleanu, M., Radu, I., Bejuscu, L., Nicolae, I. și Vasiliu, R. *Cercetări privind comportarea dinamică pe intervale mari de timp a sistemelor electroenergetice.* Lucrare ICEMENERG, decembrie 1978.
[5] * * * *Ghid de utilizare a programului LOTDYS.*
[6] Tinney, W. F. și Hart, C. E. *Power flow solution by Newton's method.* In: IEEE Trans., PAS, 86, nr. 11, 1967.
[7] Constantinescu, J., Homoș, M. și Cojocaru, V. *Program pentru calculul regimurilor permanente ale sistemelor electroenergetice.* Lucrare ICEMENERG, 1974.
[8] Pomârleanu, M., Radu, I., Bejuscu, L. și Vasiliu, R. *Modele adecvate pentru reprezentarea sistemului vast interconectat rezultat prin interconectarea SEN cu sistemele vecine.* Lucrare ICEMENERG, 1976—1978.
[9] * * * *Ghid de utilizare a programului SARPREI.*
[10] Dimo, P. și Constantinescu, J. *Rezultate noi pe care le oferă analiza dinamicii pe termen lung a sistemelor energetice pentru scenarii prestabilite.* Simpozionul „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", București, oct. 1977.

Probleme actuale și de perspectivă privind comportarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă la supratensiuni de comutație

ing. A. Bratu, ing. L. Bratu, ing. G. Mihail, ing. B. Popa
— ICEMENERG —

Descărcătoarele cu rezistență variabilă utilizate în rețelele de 110—400 kV au fost alese în principiu pentru protecția instalațiilor împotriva supratensiunilor atmosferice, problemele legate de coordonarea izolației contra supratensiunilor de comutație fiind o preocupare relativ recentă. În rețelele de 110—400 kV, spre deosebire de rețelele cu tensiuni nominale mai scăzute, solicitările produse de supratensiunile de comutație capătă o pondere ridicată.

Supratensiunile de comutație formează, conform recomandărilor CEI de coordonare (Publicația 71/1976), criteriul principal de dimensionare și încercare a izolației din gama de tensiuni nominale $U_n \geqslant 300$ kV.

Regimurile în care se produc supratensiuni de comutație semnificative pentru izolație sînt :

— conectarea și reconectarea LEA ;

— defecte, extinderea defectelor și eliminarea lor ;

— ruperea curenților capacitivi și a curenților mici sau medii inductivi ;

— aruncarea de sarcină.

Dintre acestea, pentru gama tensiunilor nominale $U_n \geqslant 300$ kV, conectarea și deconectarea liniilor în gol este determinantă, urmată ca importanță de aruncarea de sarcină și defectele nesimetrice față de pămînt.

Comportarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă la supratensiuni de comutație trebuie cunoscută sub două aspecte principale : nivelul de protecție contra supratensiunilor de comutație, precum și influența frecvenței de amorsare.

1. Funcționarea descărcătoarelor la supratensiuni de comutație. Indicatori de fiabilitate

Unele descărcătoare de 110—220 kV, utilizate în țara noastră, sînt dimensionate din punctul de vedere al capacității de trecere, pentru a prelua supratensiunile atmosferice, dar pot fi supuse la suprasolicitări sau uzură accelerată în cazul funcționării lor la unele regimuri de comutație. Pentru orice tip de descărcător, o frecvență de amorsare prea ridicată poate constitui o suprasolicitare, care să conducă la reducerea duratei de viață a descărcătorului.

Pentru evitarea suprasolicitării anumitor tipuri de descărcătoare din exploatare apare ca necesară cunoașterea numărului maxim probabil de amorsări la supratensiuni de comutație, impus descărcătoarelor de actuala structură a rețelelor de 110—400 kV, și corelarea acestuia cu caracteristicile descărcătoare.

Totodată este necesar să se cunoască, pentru fiecare tip de descărcător utilizat, numărul anual de funcționări admisibile în exploatare, astfel încît descărcătorul să poată fi înlocuit înainte de a se defecta.

Pentru urmărirea în exploatare a stării descărcătoarelor, corelat cu numărul anual de funcționări, este necesar să se aplice o metodă operativă de control, prin care să se selecteze periodic descărcătoarele care prezintă o siguranță redusă în exploatare.

Pentru descărcătoarele cu rezistență variabilă existente în prezent în rețelele de 110—400 kV din țara noastră, problema funcționării la supratensiuni de comutație se pune diferit, în raport cu capacitatea descărcătoarelor de a stinge arcul electric format de curentul de însoțire. Descărcătoarele cu suflaj magnetic pot prelua o parte din supratensiunile de comutație, amorsarea lor fiind în acest caz un fenomen acceptat, suprasolicitarea acestor descărcătoare fiind posibilă numai în cazuri speciale, la supratensiuni temporare, la care se depășește posibilitatea de stingere prin numărul de amorsări succesive sau prin depășirea valorii tensiunii de stingere normale a descărcătorului. Descărcătoarele prevăzute cu eclatoare clasice, fără suflaj, pot fi suprasolicitate în cazul amorsării la supratensiuni de comutație, prin depășirea posibilității lor de stingere, probabilitatea de avariere fiind, în general, mai mare la comutarea liniilor în gol și mai redusă la comutarea transformatoarelor în gol.

Din cele prezentate rezultă că frecvența producerii supratensiunilor de comutație la locul de montare a descărcătoarelor și frecvența de amorsare a descărcătoarelor la supratensiunile produse influențează asupra duratei de viață a DRV, întrucît fiecare amorsare conduce, în raport cu parametrii amorsării (valoarea și durata curentului vehiculat prin DRV), la un consum, la o îmbătrînire a descărcătorului.

Pentru echipamentele utilizate în instalațiile de 110—400 kV se apreciază o durată de viață necesară de 20 ani. Rezultă că descărcătoarele care își mențin caracteristicile constructive trebuie să facă față pe durata lor de viață unui număr de funcționări format din amorsările produse de trăsnete și din cele produse de supratensiunile de comutație, iar fabricantul trebuie să garanteze parametrii care să conducă la o alegere corectă a descărcătoarelor, în raport cu solicitările probabile de exploatare concretizate prin numărul de funcționări admis (total sau anual) pentru care descărcătorul își păstrează siguranța în funcționare. Acești parametri trebuie fixați pentru anumite condiții de funcționare considerate ca nominale.

Pînă în prezent, normele internaţionale CEI, precum şi cele din ţara noastră (STAS) nu fixează parametri de fiabilitate nici pentru descărcătoare, nici pentru alte echipamente. Este însă necesar să se fixeze indicatorii de fiabilitate, care să permită urmărirea în exploatare a descărcătoarelor şi înlocuirea acestora în raport cu realizarea unui număr de funcţionări, astfel încît să se evite pierderea siguranţei de exploatare a acestora.

Analiza modului de comportare a descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă la supratensiuni de comutaţie s-a realizat pe baza criteriului: număr probabil de amorsări/100 comutaţii × faze. Acest indice a fost stabilit prin calcul cunoscîndu-se:

— caracteristicile statistice pentru supratensiunile de comutaţie din reţelele de 110—400 kV, considerate semnificative pentru funcţionarea DRV la comutaţii (comutarea în gol a LEA şi a transformatoarelor), stabilite în baza probelor realizate în reţele;

— caracteristicile de amorsare la impuls de comutaţie pentru descărcătoarele de 110, 220 şi 400 kV din reţelele noastre, determinate în laborator.

S-a utilizat o undă de impuls de comutaţie de forma 60/700 μs pentru descărcătoarele de 110—220 kV şi de forma 100/2500 μs pentru descărcătoarele de 400 kV. La determinarea tensiunilor de amorsare s-a utilizat generatorul de impuls de tensiune 2,4 MV — 207 kWs, aplicîndu-se metoda statistică a treptelor multiple (20 impulsuri/treaptă şi $\Delta U < 3\%$). În acest fel s-au determinat tensiunile corespunzătoare probabilităţii de 50% amorsări, abaterea standard s şi tensiunile corespunzătoare probabilităţii de 100% amorsări.

Descărcătoarele s-au încercat montate în unităţi monofazate, complete, pe suport metalic cu înălţimea egală cu cea de montare din staţii.

Metoda de calcul utilizată pentru determinarea numărului de funcţionări ale DRV este cea prezentată în cele ce urmează:

Funcţiile statistice necesare sînt:

1. Tensiunea statistică de amorsare a DRV în funcţie de valoarea coeficientului de supratensiune k_0 pentru care funcţia de distribuţie şi densitatea de distribuţie sînt: $F_0(\mu_0, \sigma_0)$ şi $p_0(\mu_0, \sigma_0)$, μ_0 şi σ_0 fiind valoarea medie şi abaterea standard a distribuţiei considerate normală (Gauss).

Această funcţie determină probabilitatea ca descărcătorul să amorseze la apariţia unui coeficient de supratensiune ξ. Amorsarea descărcătorului se va produce dacă valoarea supratensiunii va fi mai mare decît tensiunea de amorsare, iar nivelul de ţinere al izolaţiei mai mare ca tensiunea de amorsare a DRV. Acest lucru se poate exprima prin:

$$k_0 > k \text{ şi, simultan, } k_i > k_0$$

Probabilitatea de funcţionare a DRV va fi egală cu probabilitatea ca $k_0 < k_i$ pentru toate valorile lui $k_0 \geqslant k$ pentru orice $k \in (0, k)$.

Aceasta se poate exprima prin expresia:

$$P_0(k) = \int_0^k [1 - P_i(\xi)] p_0(\xi) \mathrm{d}\xi \qquad (1)$$

2. Funcţia de distribuţie a supratensiunilor de comutaţie şi densitatea de probabilitate a supratensiunilor sînt date de expresiile:

$F_k(\mu_k, \sigma_k)$ şi $p_k(\mu_k, \sigma_k)$ diferite de zero $\in (1, \infty)$.

Probabilitatea de amorsare a DRV, avînd în vedere precizările anterioare, se va putea exprima astfel:

Probabilitatea ca la o comutaţie dată supratensiunea să fie în intervalul $(k, k + \Delta k)$ şi ca la această valoare să se producă amorsarea DRV va fi:

$$p_k \, \mathrm{d}k P_0(k) \text{ sau}$$

$$P_0 = \int_1^\infty P_0(k) \, p_k(k) \, \mathrm{d}k$$

Limitele de integrare pot fi considerate $-\infty$ la $+\infty$, deoarece $p_k(k)$ este nulă în intervalul $(-\infty, 1)$ şi

$$P_0 = \int_{-\infty}^\infty P_0(k) \, p_k(k) \, \mathrm{d}k \qquad (2)$$

Similar, probabilitatea de conturnare a izolaţiei este determinată de expresia:

$$P_i = \int_{-\infty}^\infty P_i(k) \, p_k(k) \, \mathrm{d}k, \qquad (3)$$

iar probabilitatea ca să nu se producă nici conturnarea izolaţiei şi nici amorsarea DRV este:

$$P_\alpha = \int_{-\infty}^\infty P_\alpha(k) \, p(k) \, \mathrm{d}k \qquad (4)$$

Suma tuturor probabilităţilor va fi:

$$P_0 + P_i + P_\alpha = 1,$$

în care

$$P_i(k) = \int_0^k [1 - P_0(\xi)] \, p_i(\xi) \, \mathrm{d}\xi$$

$$P_\alpha(k) = [1 - P_0(k)][1 - P_i(k)],$$

iar P_0 se exprimă cu relaţia (1).

Pentru determinarea numărului de funcționări a DRV s-a utilizat o metodă de calcul care constă în principiu din următoarele:

— tensiunea statistică de amorsare a DRV se consideră o funcție de distribuție normală cu parametrii μ_0 și σ_0;

— probabilitatea de apariție a supratensiunilor se consideră o funcție de distribuție normală de parametrii μ_k și σ_k, iar numărul probabil de amorsări se determină pe calculator cu relația:

$$n = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma_k} \varphi\left(\frac{k-\mu_k}{\sigma_k}\right) \Phi\left(\frac{k-\mu_0}{\sigma_0}\right) dk$$

$$\varphi(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}}; \quad \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

S-au efectuat pe calculator variante de calcul aplicînd fiecărui tip de DRV șirurile de date obținute pentru supratensiuni la comutarea LEA în gol și a transformatoarelor în gol.

Din variantele calculate s-au selectat numai variantele care au condus la obținerea unui număr probabil de funcționări mai mare decît 0,1 pentru 100 comutări de transformatoare în gol și 1,0 pentru comutări LEA în gol.

Calculul s-a făcut pentru 100 comutări în gol×faze, stabilindu-se în consecință un număr probabil de amorsări total pentru o durată de viață de 20 ani a descărcătoarelor, în raport cu anumite frecvențe de comutare în gol, considerate ca valori medii caracteristice pentru tensiunea rețelelor analizate.

În tabelul 1 se prezintă sinteza rezultatelor obținute.

Tabelul 1

Indicatori de fiabilitate necesar a fi satisfăcuți față de STC, de descărcătoarele cu rezistență variabilă din rețelele de 110—400 kV pentru T_M=20 ani

Tipul DRV	Element comutat în gol	Frecvența anuală a comutației	n_{max}	n_{tot}
			amors./an	amors.
VA 100.2	LEA	50	7	140
RVMG—110	LEA	50	33	660
(RVS—110)*	LEA	50	27	530
XAD-199	LEA	50	3	50
VA 200.2	LEA	50	21	105
XAE 192 A	LEA	50	12	225
XAE 192 B	LEA	50	16	315
(RVS—220)*	LEA	50	17	340
RVMG—220	LEA	50	28	550
XAE—360	Trafo	50	2	29
XAL-360	LEA	25	18	345

În tabelul 1, valorile n_{max} și n_{tot} reprezintă, pentru exploatare, indicatorii de fiabilitate cu care se pot stabili momentele de înlocuire a descărcătorului, înainte ca acesta să-și piardă siguranța în exploatare.

Numărul maxim de amorsări/an la depășirea căruia se recomandă revizuirea descărcătorului și analiza supratensiunilor pentru prevenirea deteriorării prin suprasolicitare a acestui echipament (n_{rev}) are următoarele valori:

3 amorsări/an pentru XAD-199
5 amorsări/an pentru VA-200·2
10 amorsări/an pentru VA-100.2, XAE-199A, XAE-199B, RVMG-110, RVMG-220, XAE-360, XAL-360.

2. Analiza comportării descărcătoarelor pe baza numărului anual de funcționări

Din analiza numărului probabil de amorsări la STC determinat prin calcul se constată următoarele:

— descărcătoarele tip RVS sînt expuse riscului de deteriorare sau de reducere a duratei de viață, avînd în vedere numărul mare de amorsări probabile la supratensiuni de comutație foarte ridicate, în special în rețeaua de 110 kV.

Reducerea riscului de amorsare a RVS-110 la supratensiuni de comutație se realizează prin amplasarea acestui descărcător la barele stațiilor, fiind astfel mult mai puțin expus la supratensiuni de comutație;

— pentru descărcătoarele tip RVMG-110 montate în celule de LEA și transformatoare, este necesar să se urmărească numărul de funcționări anual; capacitatea de funcționare la comutații a acestui tip de descărcător fiind limitată, ele nu trebuie supuse unui regim intensiv de funcționare;

— descărcătoarele VA-100 și VA-200, avînd cel mai mic număr probabil de amorsări la comutație, nu comportă nici un risc de suprasolicitare. Cu toate acestea, este necesară o supraveghere a descărcătorului în exploatare, cunoscîndu-se deficiențele de etanșare ale acestui descărcător, care pot conduce la deteriorarea prin modificarea caracteristicilor de amorsare;

— descărcătoarele RVS-220, montate în celule de LEA, sînt expuse deteriorării prin supratensiuni în cazul amorsării lor la comutarea în gol a LEA. Utilizarea acestui tip de DRV în instalațiile de 220 kV nu este recomandabilă, întrucît caracteristicile lui nu permit funcționarea intensivă la comutații, iar nivelul supratensiunilor de comutație din rețeaua de 220 kV poate conduce la amorsarea lui frecventă;

— descărcătoarele VA-200.2 au un număr probabil de amorsări la comutații care nu implică nici un risc de suprasolicitare; această concluzie este valabilă pentru DRV care își mențin caracteristicile de amorsare la valorile de catalog;

— descărcătoarele XAE-192 A și XAE-192 B nu prezintă, din datele analizate, nici un risc de deteriorare la supratensiuni de comutație.

Dacă însă numărul de funcţionări depăşeşte 10 amorsări/an, este necesar să se analizeze cauzele creşterii numărului de amorsări, faţă de frecvenţa de amorsare calculată;

— descărcătoarele RVMG-220 sînt expuse, prin caracteristica lor de amorsare, unui număr ridicat de funcţionări la comutaţii; în consecinţă ele necesită o supraveghere specială asupra frecvenţei amorsărilor şi a menţinerii caracteristicilor de funcţionare. Se apreciază că descărcătoarele care depăşesc 15—20 amorsări pe an trebuie revizuite într-un laborator specializat;

— pentru descărcătoarele utilizate în reţeaua de 400 kV (XAE-360, XAL-360) s-a stabilit că nu au condiţii de suprasolicitare la comutaţiile în gol uzuale, considerîndu-se o durată de viaţă de 20 ani.

3. Verificarea în practică a rezultatelor obţinute pe bază de calcul

Rezultatele obţinute pe bază de calcul s-au verificat în practică, urmărindu-se în exploatare funcţionarea descărcătoarelor cu număr probabil ridicat de amorsări (tip RVS, RVMG) şi a descărcătoarelor de fabricaţie ASEA din reţelele noastre de 110—400 kV, pe baza indicaţiilor contoarelor aferente.

S-a constatat în general o bună concordanţă între numărul anual de funcţionări stabilit prin calcul şi cel real existent în practică la descărcătoarele studiate. De la această concluzie fac excepţie un număr limitat de descărcătoare, la care numărul de funcţionări anual a depăşit valoarea admisibilă calculată, indicînd o eventuală defecţiune a descărcătorului sau a contorului aferent acestuia.

Pentru aceste situaţii s-a indicat demontarea descărcătoarelor cu contoarele aferente şi supunerea lor la probe complexe de laborator.

S-a analizat modul de utilizare a descărcătoarelor tip RVS şi RVMG, care au făcut parte din lotul urmărit în scopul depistării eventualelor suprasolicitări. S-a verificat că descărcătoarele RVMG-220 sînt supuse celui mai ridicat număr de funcţionări, iar pentru descărcătoarele tip RVS-110 cu număr mare de amorsări s-a propus înlocuirea lor, în celulele unde se foloseşte întreruptorul IUP-110 (care poate genera supratensiuni de comutaţie mari), cu descărcătoare RVMG-110 sau de tip similar, care prezintă o comportare mai bună la solicitarea cu supratensiuni de comutaţie.

4. Controlul stării descăreătoarelor în exploatare

S-a experimentat metodologia de măsurare a curenţilor de conductibilitate la descărcătoarele din reţelele de 110—400 kV aflate sub tensiunea de serviciu, pe locul de montaj, ca mijloc de control preventiv al stării acestora. Curentul de conductibilitate generat de tensiunea de serviciu la DRV în funcţiune s-a ales ca parametru de fiabilitate.

Metoda poate fi aplicată la descărcătoarele de tip ASEA şi VA, iar pentru descărcătoarele tip RVMG-110, 220, metoda se poate aplica numai cu substituirea, pe timpul măsurătorii, a contorului propriu cu un contor tip TXA sau ICEMENERG (de construcţie nouă). Măsurarea curentului s-a realizat fie cu aparate de tip DU-10, 20, fie cu microampermetre modificate de ICEMENERG (cu sensibilitate mare).

Pentru tipurile de descărcătoare ASEA, VA şi RVMG, s-au stabilit, din probele de laborator şi din aplicarea experimentală a metodei în exploatare, valorile curenţilor de conductibilitate generaţi de tensiunea de serviciu pentru starea normală a fiecărui tip de descărcător.

Dacă valoarea curentului de conductibilitate şi numărul anual de funcţionări se încadrează în limite admisibile, se poate considera că starea descărcătorului este normală.

În acest scop este necesar ca contoarele, care dau informaţii şi asupra stării tensiunilor de amorsare a DRV, să fie întreţinute corect.

Avantajele acestei metode constau în faptul că demontarea şi transportul descărcătoarelor pentru măsurători complete la laboratorul ICEMENERG se vor realiza numai pentru un număr limitat de descărcătoare, care au rezultat suspecte în urma măsurătorilor succesive a curenţilor de conductibilitate.

În cursul anului 1980, metoda de control se va aplica experimental la toate IRE, urmînd ca generalizarea metodei să se facă după această ultimă etapă de experimentare.

5. Nivelul de protecţie la supratensiuni de comutaţie

Coordonarea izolaţiei la supratensiuni de comutaţie în instalaţiile de înaltă şi foarte înaltă tensiune se bazează în prezent pe considerarea solicitărilor la supratensiuni de comutaţie ca factor de primă importanţă şi se verifică faţă de solicitările produse de supratensiunile atmosferice. În acest scop se recomandă aplicarea metodelor statistice. Aplicarea metodelor statistice este condiţionată de cunoaşterea cu un grad de siguranţă precizat a funcţiilor de distribuţie statistică pentru solicitări, cît şi pentru ţinerea structurilor izolante şi funcţionarea mijloacelor de protecţie. În acest context este necesar să se definească nivelul statistic de protecţie a descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă, precum şi metodele de determinare a acestui parametru încă de la fabricaţie. În prezent, pentru definirea nivelului de protecţie normele naţionale şi internaţionale utilizează noţiunea de tensiune maximă de amorsare, determinată dintr-un număr restrîns de încercări, cu un grad de precizie statistică necunoscut

și care nu poate fi utilizată pentru implementarea metodelor statistice de coordonare (CEI-99.1/1970, STAS 7377/73). Pentru structurile izolante autoregeneratoare, funcțiile de distribuție a probabilității de ținere se determină prin procedee de laborator pentru care s-au fixat metodele de încercare și modul de interpretare a datelor, astfel încît distribuțiile respective să se reprezinte matematic cu gradul de siguranță impus (CEI-71.1976; CEI 60.1/1974; STAS 6669/1976).

Importanța definirii de la fabricație a nivelului statistic de protecție la comutație a descărcătoarelor s-a evidențiat și cu ocazia încercărilor efectuate în ICEMENERG. Prin încercări statistice aplicate descărcătoarelor după metodologii similare cu cele pentru structuri izolante, s-a constatat că descărcătoare de fabricație mai veche (XAE-360—1977) au avut tensiunea statistică de amorsare la impuls pozitiv de comutație cu probabilitatea de 98%, neadecvată pentru a asigura gradul de risc (10^{-4}) impus izolațiilor din rețeaua de 400 kV cu nivel de ținere la comutație de 1050 kV. În consecință, ICEMENERG a propus ca în STAS 6489 și STAS 7377 să se introducă și să se definească mărimile statistice (μ_0, σ_0) care definesc probabilitatea de amorsare a descărcătoarelor, mărimi necesar a fi cunoscute încă de la fabricația DRV.

Avînd în vedere că numai prin metode statistice de calcul și încercare se pot trage concluzii asupra riscului de defectare în exploatare a instalațiilor electrice, este necesar ca să se creeze condițiile materiale în vederea aplicării acestor metode și în țara noastră. Aceste condiții impun cunoașterea cu același grad de precizie a nivelului statistic de ținere pentru izolație și a nivelului de protecție pentru descărcătoare, ambele determinate cu același nivel de încredere. Pentru descărcătoarele cu rezistență variabilă utilizate în rețelele de înaltă și foarte înaltă tensiune, nivelul statistic de protecție trebuie să constituie un factor de calitate de prim rang la stabilirea ordinii de merit pentru achiziționarea descărcătoarelor.

Model de analiză preferențială în microgrupuri de muncă la o electrocentrală

psih. **Maria Crăciunescu**
— ICEMENERG —

Un microgrup de muncă (echipă, brigadă, tură, colectiv) include fenomenul preferențial, respectiv structura raporturilor interpersonale care-l caracterizează, ca parametru esențial al funcționării sale.

Bahîtov arăta că oamenii care nutresc sentimente de simpatie și stimă reciprocă lucrează armonios, iar grupurile compuse din asemenea oameni obțin rezultate foarte bune în muncă și în activitatea socială [1].

Corelația dintre productivitatea muncii și natura relațiilor interpersonale a fost demonstrată în cadrul a numeroase cercetări psihosociologice. Ne vom limita la enumerarea celor clasice (în abordarea relațiilor preferențiale):

— Experimentul efectuat sub conducerea psihologului american Elton Mayo la întreprinderea „Western Electric" (1927) din Chicago, care a demonstrat, contrar ipotezei inițiale — potrivit căreia sporirea productivității ar putea fi realizată prin perfecționarea unui factor material, iluminatul electric —, că dezvoltarea productivității muncii era condiționată de un factor moral, psihologic. Acesta viza îmbunătățirea relațiilor dintre membrii colectivelor de muncă, pe de o parte, și dintre aceștia și conducerea lor tehnico-administrativă, pe de altă parte [3].

— Cercetările lui C. Montmollin efectuate în 1950 conchid că, din două grupuri cu structuri psihosociale diferite, obțin un randament superior microgrupurile compuse din prieteni sau oameni care se cunosc [2].

— H. Coch și J.R.P. French au analizat influența spiritului de echipă asupra productivității [4], iar R. Lipitt și R. K. White au arătat influența stilurilor de conducere asupra eficacității muncii [2].

Pornind de la aceste premise, rezultă că prezența dominantă a raporturilor preferențiale, existența unei conduceri competente și totodată apropiată de cei conduși, coeziunea unui grup de muncă sînt factori psihosociali cu o mare capacitate de impulsionare a activității profesionale, respectiv sociale, a unui grup de muncă.

A. Analiza fenomenului preferențial, prezentată în continuare, s-a făcut în trei microcentrale hidroelectrice și s-a axat pe următoarele aspecte:

a) corelația existentă între structura formală (oficială) și cea informală (neoficială) din grupurile de muncă aferente celor trei centrale;

b) coeziunea și respingerea din cele trei grupuri de muncă;

c) analiza poziției șefului de centrală, din punct de vedere informal, față de restul membrilor din grupul de muncă;

d) propunerea unor structuri stabile pentru turele din centrale, care să țină seama și de criterii diferențiale.

Metodologia utilizată cuprinde două categorii de metode :

a) Metode sociometrice clasice — testul sociometric introdus în cercetarea științifică de J. L. Moreno, definit de autor ca un instrument care examinează structuri sociale prin măsurarea atracțiilor și repulsiilor care au loc între indivizi [6].

b) Testul psihologic pentru investigarea trăsăturilor de personalitate (16 PF) ale „liderilor" și „respinșilor" sau „marginalilor", aparținînd autorului american R.B. Cattell.

Pentru ca să evidențiem un aspect de bază într-un fenomen preferențial, și anume motivarea alegerilor, respectiv respingerilor, dintr-un grup, investigația a fost condusă sub forma unei anchete sociometrice, bazată pe trei criterii : liderul afectiv al grupului, liderul profesional și „liderul dorit" al centralei, cel din urmă încercînd să evidențieze ponderea criteriilor afective, respectiv a prestigiului profesional în alegerea unui șef de centrală unanim acceptat de toți membrii grupului.

S-au înregistrat motivele care au stat la baza alegerilor, respectiv respingerilor, atunci cînd acestea erau expuse fără reținere. Pentru determinarea intensității alegerilor, respectiv respingerilor, au fost acordate punctaje diferențiale, variind între +3 și —3, înregistrate în matrice sociometrice.

S-a efectuat apoi analiza fenomenului preferențial după o caracterizare prealabilă a structurii morfologice a celor trei grupuri de muncă privind : vîrsta, distanța spațială dintre membrii grupului, distanța profesională exprimată prin categoriile de salarizare, pregătirea generală și respectiv profesională, vechimea în grup, vechimea în muncă, precum și înregistrarea unor „vicii" imputate unor membri ai grupului, unanim recunoscute, care grevau aprecierea și statutul preferențial al purtătorilor lor. S-a încercat să se evalueze la acești factori gradul de eterogenitate sau omogenitate al repartiției lor și să se vadă în ce măsură caracterul eterogen corelează în analiza fenomenului preferențial cu poziția unora dintre membrii grupului.

Enumerăm în continuare etapele analizei preferențiale efectuate în grupurile de muncă investigate.

a) Stabilirea sociomatricelor pentru fiecare criteriu, din care s-au obținut : numărul brut de alegeri pentru fiecare individ, numărul brut de respingeri, intensitatea alegerii, intensitatea respingerii, puterea de atracție a individului în grup, prin însumarea punctajelor obținute.

b) Calcularea indicilor de coeziune, respectiv respingere, pentru fiecare grup după formulele :

$$\textit{Indicele de coeziune, } I_c = \frac{2A_r \cdot q}{A_u \cdot p},$$

în care

A_r este numărul alegerilor reciproce ;
A_u — numărul alegerilor unilaterale ;
p — probabilitatea de a fi ales, exprimată prin $p = \frac{d}{N-1}$;
d — numărul de alegeri emise de fiecare membru al grupului ;
N — efectivul grupului ;
q — probabilitatea de a fi respins

$$q = 1 - p$$

$$\textit{Indicele de respingere, } I_r = \frac{2R_r \cdot q}{R_u \cdot p},$$

în care

R_r este respingerea reciprocă ;
R_u — respingerea unilaterală.

c) Calcularea coeficienților de popularitate sau status social (I_{ss}) pentru fiecare membru al grupului și ierarhizarea membrilor grupului în funcție de acești coeficienți.

Indicele statusului social

$$I_{ss} = \frac{\text{Ponderea de atracție a individului}}{\text{Numărul posibil de alegeri}}$$

S-a stabilit și un indice de popularitate global prin calcularea mediei rangurilor pentru cele trei criterii.

d) Exprimarea grafică a fenomenului preferențial pentru cele trei criterii prin alcătuirea sociogramelor de tip „țintă" (după Maisonneuve).

e) Corelații între criteriile investigației și ierarhia formală (instituționalizată) pe baza formulei :

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)},$$

unde d este diferența de rang, iar n — numărul de subiecți din lot.

Semnificația corelațiilor s-a evaluat cu ajutorul tabelelor lui Fischer (Ghid de statistică) prin transformarea lui r în note t ($t = \sqrt{\frac{r(n-2)}{1-r^2}}$).

Avînd în vedere că studiul analitic al fenomenului preferențial s-a făcut pentru toate grupele de muncă investigate, după același model, propunem spre exemplificare analiza unui singur grup de muncă, alcătuit din zece membri.

Repartiția tipurilor de relații preferențiale pentru cele trei criterii s-a făcut după cum urmează :

Criteriul	A_u^+	A_r^+	R_u^-	R_r^-	Alegeri întîmpinate de respingeri	Abțineri		Total	
						$A+$	$R-$	$A+$	$A-$
I — afectiv	17	3 (6)	9	5 (10)	4	3	7	30	30
II — profesional	16	2 (4)	11	2 (4)	5	5	5	10	30
III — „lider dorit"	17	3 (6)	13	4 (8)	3	4	6	30	30

a) Rezultă, din examinarea ponderilor pe care le au categoriile de relații surprinse, că :

— întinderea fenomenului preferențial nu este unanimă în nici unul din criterii. Pentru fiecare criteriu avem abțineri în exprimarea preferințelor, respectiv respingerilor, cu ponderi variind între 10% și 16,66% pentru abțineri și 20%—33,33% pentru respingeri ;

— respingerile bilaterale sau reciproce sînt pentru toate criteriile mai numeroase sau cel puțin egale cu alegerile reciproce. Alegerile unilaterale predomină față de respingerile unilaterale ;

— apar și situații în care alegerile sînt întîmpinate de respingeri, dovedind că percepția variată a climatului preferențial nu este realizată corect de către toți membrii grupului (10% — primul criteriu, 16,16% criteriul al doilea) ;

— coeficienții de coeziune, respectiv respingere, pentru cele trei criterii sînt :

Criteriul	I_c	I_r
I	0,70	2,22
II	0,50	0,73
III	0,70	0,92

Cel mai mare decalaj între cei doi coeficienți apare pentru criteriul I, fiind primul indiciu al prezenței unor relații conflictuale distorsionante pentru un climat preferențial optim.

b) Valorile indicilor de status social, cuprinse între (1 și —1), au fost grupate în benzi de popularitate :

„F. populari"	1—0,40
„Populari"	0,39 ; 0,10
Clasa „0"	0,09 ; —0,09
„Respinși"	—0,10 ; —0,39
„Puternic respinși"	80,40 ; —1

De notat că valorile care se grupează în jurul lui 0 (0,09 ; —0,09) conduc spre două categorii de subiecți :

— o parte pentru care cotele mici ale lui I_{ss} rezultă din numărul mic de alegeri (una) ;

— o parte pentru care cotele mici ale lui I_{ss} ; rezultă dintr-un echilibru al intensității alegerilor, respectiv respingerilor.

Prima categorie constituie „grupa indiferenților", iar cea de-a doua, cea a „disputaților".

Din punctul de vedere al posibilităților de influențare a climatului preferențial, categoria a doua are o putere mai mare de distorsiune a grupului comparativ cu prima.

c) Exprimarea grafică a acestor „benzi" s-a realizat prin alcătuirea sociogramelor „țintă" (după Maisonneuve).

Amplasarea concentrică a indivizilor în aceste sociograme s-a făcut în conformitate cu benzile de popularitate enumerate mai sus.

Poziția șefului centralei, indicat în sociogramă printr-un (X), este aproape marginală, în cazul criteriului I (preferențial). Este respins cu o intensitate mare gradul I, de unul din „popularii" grupului, și unica alegere a acestuia este emisă de cel mai puternic „respins" al grupului din punct de vedere afectiv.

Avînd în vedere că această alegere este reciprocă și este indiciul unei „coaliții" declarate între un marginal și un puternic respins, iar unul din cei doi termeni ai diadei este susținut de poziția formală a șefului de centrală, putem conchide că s-a evidențiat un indiciu al unei surse de perturbație stabilă a unui climat preferențial optim. De asemenea, conflictul declarat între șeful centralei și un „popular" poate să-l mențină pe primul și în viitor într-o poziție marginală.

Continuînd analiza pe baza celui de-al doilea criteriu, rezultă că poziția formală a șefului de centrală este subminată și de prestigiul său profesional.

Avînd cea mai mică vechime în centrală, nu a reușit să-și cîștige o autoritate profesională.

Are două alegeri de mică intensitate (loc 3) și o respingere de intensitate medie (2) ; spre deosebire de șeful centralei, liderul profesional recunoscut în grup întrunește maximul de alegeri (9), din care 7 sînt de maximă intensitate. Același lider se păstrează pe locul I în toate ierarhiile.

Prezența unor conflicte care afectează relațiile interpersonale din grup se evidențiază și în corelațiile celor trei ierarhii, cu structură formală :

	Ierarhia formală
Criteriul I	0,41
Criteriul II	0,53
Criteriul III	0,26

ceea ce înseamnă o corelație nesemnificativă în primul caz pentru un prag de semnificație de 0,01, o corelație apropiată de o valoare semnificativă în al doilea caz (pentru același prag de semnificație) și o corelație care se depărtează de o valoare semnificativă în al treilea caz (pentru aceeași limită de semnificație).

Rezultă că structura formală induce opiniile grupului în privința aprecierilor profesionale și este relativ independentă față de aspectul preferențial, aspect evidențiat și în corelațiile dintre cele trei criterii :

— corelația criteriul I — criteriul II	0,65
— corelația criteriul II — criteriul III	0,93
— corelația criteriul I — criteriul III	0,69

Factorii afectivi preferențiali sînt determinanți față de cei profesionali în alegerea „liderului dorit". Predominanța problemelor pe care le ridică structurile preferențiale din grup se proiectează și în idealul de lider al membrilor grupului.

Analiza fenomenului preferențial s-a încheiat cu propunerea unor cupluri stabile pentru turele centralei, propuneri care s-au bazat pe analiza detaliată a fiecărei relații interpersonale

exprimată în sociograme, evitîndu-se cupluri formate doar din marginali sau respinși și membri devalorizați din punct de vedere profesional.

B. După analiza fenomenelor preferențiale, s-a încercat evidențierea unor tendințe privind structurarea trăsăturilor de personalitate pentru „lideri" și „respinși".

În acest scop au fost selecționați, din ierarhiile finale pentru fiecare grup de muncă investigat, primii trei clasați (lideri) și ultimii trei clasați (respinșii).

În funcție de tendința centrală a valorilor obținute de fiecare factor, s-a încercat o ierarhizare a factorilor și gruparea lor în :

a) Tendințe caracteristice pentru „lideri" (factori I^+ G^+ H^+) ;

b) Tendințe caracteristice pentru „respinși" (factori C^+ E^+).

a) În funcție de formele de manifestare a factorilor desprinși, rezultatele conduc spre următorul profil de personalitate al „liderului" :

— factorul I^+ pledează pentru o conduită caldă, care cooptează atenția celorlalți, cu unele rafinamente estetice ; aceste manifestări comportamentale sînt relativ independente față de trăsături de personalitate proprii unei munci de conducere (autoritarism, ascendență sau tendință de dominare) ; separarea factorului I poate fi legată de prezența unor tensiuni care s-au evidențiat în diferite grade pentru toate grupele de muncă analizate și opțiunea membrilor grupului pentru astfel de profiluri de personalitate poate exprima un ideal, o aspirație.

— Factorul H^+ conduce spre un aspect tipic pentru o comunicare optimă în relațiile interpersonale — sociabilitatea. Un subiect cu cote H^+ ridicate este sociabil, îndrăzneț, cu o rezonanță emoțională bogată ;

— factorul G^+ se manifestă prin perseverență, sentiment de responsabilitate, motivitate emoțională, conștiinciozitate.

b) Tendințele diferențiatoare pentru „respinși" prezintă următoarele dominante de personalitate :

L^+ — tipi rigizi, duri și indiferenți, tendințe înclinate spre gelozie, firi bănuitoare și timide ;

E^+ — firi afirmatorii, independente, dure și dominatoare.

Putem conchide că dominantele de personalitate separat nu sînt concludente în unele cazuri (ex. E^+) pentru tendințe generale caracteristice personalității de conducător, dar în mod cert ele reprezintă tendințe particulare pentru cele trei grupuri de muncă, care prezintă probleme privind relațiile interpersonale și ridică probleme legate de un climat preferențial optim.

În al doilea rînd, putem aprecia că structurile de personalitate dezirabile și acceptate de membrii grupului sînt alese atît pe baza unor criterii afectiv emoționale, cît și pe bază de criterii obiective, trăsături caracteriale pozitive (conștiinciozitate, perseverență etc.).

Fără îndoială că metodologia expusă în această lucrare reprezintă doar o mică secvență dintr-un sistem metodologic complex, care trebuie să stea la baza caracterizării climatului preferențial al unui grup și care nu poate omite date privind dinamica grupurilor, fluctuații, absentism, relația om-angajați etc.

Chiar dacă nu putem absolutiza ideea că relațiile interpersonale dintr-un grup reprezintă unicul factor eficient al unui randament superior, nu putem nega importanța lor în realizarea unui astfel de randament.

Bibliografie

[1] Ciocîrlan, C. V. *Raporturile interpersonale.* Editura politică, București, 1973.

[2] Grama, D. *Preferința interpersonală.* Colecția PSYCHE, Editura științifică, București, 1974.

[3] Maitour, L. M. *La psychologie et les sciences humaines dans l'entreprise.* Les Editions d'organisation, Paris, 1967.

[4] Maisonneuve, J. *Psychosociologie des affinetes.* PUF, Paris, 1966.

[5] Mihu, A. *Sociometrie, eseu critic.* Editura politică, București, 1967.

[6] Moreno, Y. L. *Fondements de la sociométrie.* PUF, Paris, 1970.

[7] Müller, Ph. și Silberer, P. *L'homme en situation industrielle.* Payot, Paris, 1968.

[8] Zlate, M. *Psihologia socială și organizațională.* Editura politică, București, 1975.

[9] Zlate. M. *Psihologia socială a grupurilor școlare.* Editura politică, București, 1972.

[10] * * * *Psihologia muncii industriale.* Editura didactică și pedagogică, București, 1976.

Modelarea fizică a proceselor de curgere în focare în scopul reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă

ing. George Chercea, ing. Cristian Totolo, ing. Ion Bolma
— ICEMENERG —

Creșterea spectaculoasă a ponderii combustibililor solizi în balanța combustibililor destinați producerii energiei electrice în centrale termoelectrice este indicată de dinamica evoluției acestei balanțe. Baza de combustibil solid constă, în principal, în rezervele de lignit din bazinul Oltenia-Nord și cele de șisturi bituminoase din Banat.

Construcția unor cazane de abur destinate arderii acestor combustibili ridică multe probleme, datorită naturii combustibilului, mai exact conținutului mare de balast, care se răsfrîng în proiectarea și funcționarea circuitului combustibil — gaze de ardere. În cadrul acestui grup de probleme, un loc important revine celor legate de aspectele curgerii bifazice (gaz-praf).

Curgerea bifazică (gaz-praf) este un fenomen des întîlnit, sub diferite forme, în întregul circuit combustibil — gaze de ardere : turnul de aspirație al morii, moara, canalele de praf de cărbune, arzătorul, focarul, canalele de gaze de ardere cu suprafețe de schimb de căldură prin convecție, instalațiile de desprăfuire, ventilatoarele de gaze de ardere și coșul de fum. Evident că fiecare din elementele circuitului, enumerate mai sus, este caracterizat de anumite particularități.

În lucrarea de față se prezintă modul în care a fost aplicată tehnica modelării izoterme într-un caz complex al curgerii bifazice, curgerea într-un focar de cazan de abur pentru cărbune pulverizat. Aspectul de complexitate se datorează faptului că procesului de curgere, el însuși complicat, i se asociază procesul de ardere, care se desfășoară simultan cu primul și în cadrul căruia se produce un schimb intens de masă între faza solidă și cea gazoasă, cu repercusiuni asupra curgerii. Peste aceste două procese se suprapune și fenomenul de transmitere a căldurii prin radiație de la flacără la ecranele plasate în focar, în urma căruia atît gazele de ardere, cît și particulele de praf se răcesc. Tehnica de modelare adoptată cuprinde ipoteze cît mai precise, derivate din studiul focarului real, privind modul de desfășurare a arderii și a schimbului de căldură în focar.

1. Criterii de similitudine în modelarea curgerii bifazice

Studiul prin similitudine al unui proces oarecare începe prin stabilirea criteriilor de similitudine, care se face, în cazul cunoașterii legii ce guvernează procesul studiat, cu ajutorul ecuațiilor diferențiale adimensionale sau, în cazul necunoașterii legii care guvernează procesul, prin analiză dimensională.

Într-un sistem fizic de curgere bifazică însoțită de reacții chimice și schimb de căldură, caz în care se încadrează și focarul cazanului de abur, este necesar să se respecte cinci moduri de similitudine [1] :

a) similitudinea geometrică a dimensiunilor incintei ;

b) similitudinea cinematică a traiectoriilor particulelor ;

c) similitudinea dinamică a forțelor care intervin în proces ;

d) similitudinea termică a cîmpurilor de temperatură din incintă.

e) similitudinea chimică a proceselor chimice care se desfășoară în incintă.

A crea un model fizic care să respecte toate criteriile de similitudine ale acestor cinci feluri de procese fizice și chimice calitativ deosebite este o problemă tot atît de dificilă ca și modelarea matematică a acestor procese.

Limitînd preocuparea la studiul procesului de separare a prafului în pîlnia rece a focarului, se constată că este posibilă o modelare parțială, și anume prin respectarea criteriilor de similitudine ale proceselor : a), b) și c), urmînd a lua în considerare procesele d) și e) prin condiții inițiale care, în cazul studiat, pot fi determinate prin măsurători asupra instalației reale.

În acest caz de similitudine parțială trebuie respectate următoarele criterii [2] :

a) Scara geometrică :

$$\lambda = \frac{D_M}{D}, \qquad (1)$$

în care

D_M este dimensiunea geometrică din model ;
D — dimensiunea geometrică reală corespunzătoare celei din model.

b) Criteriul Reynolds, ca raport între forțele de inerție și de viscozitate :

$$\mathrm{Re} = \frac{wD}{\nu} = \text{const.}, \qquad (2)$$

în care

w este viteza gazului ;
D — diametrul hidraulic al incintei ;
ν — viscozitatea cinematică a gazului.

c) Criteriul Froude, ca raport între forțele de inerție și cele gravitaționale :

$$\mathrm{Fr} = \frac{w}{\sqrt{Dg}} = \text{const.}, \qquad (3)$$

în care g este accelerația gravitațională.

d) Criteriul Froude „stelat", introdus de Barth, și care reprezintă raportul între forțele

de inerție și cele de viscozitate care se exercită asupra particulei :

$$\mathrm{Fr}^* = \frac{w_{cl}}{\sqrt{D_p g}} = \text{const.}, \qquad (4)$$

unde

w_{cl} este viteza de cădere liberă a particulei ;
D_p — diametrul particulei.

Trebuie observat că o condiție :

$$\mathrm{Fr}^* = \text{const.}$$

este echivalentă cu condițiile :

$$\mathrm{Fr} = \text{const.} \qquad (3a)$$

$$\frac{w_{cl}}{w} = \text{const.} \qquad (4a)$$

e) Tot Barth a subliniat că nu este suficient a ține seama de raportul de forțe asupra unei particule izolate, ci și de a avea în vedere formarea complexelor de particule, respectînd criteriul :

$$\frac{\mu}{\mathrm{Fr}^2} = \text{const.}, \qquad (5)$$

în care μ este concentrația fazei solide în cea gazoasă :

$$\mu = \frac{m_s}{m_G},$$

unde

m_s este debitul masic al fazei solide ;
m_G — debitul masic al fazei gazoase.

f) Un ultim criteriu care trebuie respectat este :

$$\eta^* = \frac{\rho_s}{\rho_G} = \text{const.}, \qquad (6)$$

în care

ρ_s este densitatea fazei solide ;
ρ_G — densitatea fazei gazoase.

2. Concepția modelului

Prima etapă a rezolvării practice a problemei modelării constă în a alege o scară geometrică convenabilă (ecuația 1), ținînd seama de debitul ventilatorului disponibil în laborator și de influența condițiilor la limită, sau mai exact de dimensiunile modelului în care condițiile la limită nu viciază rezultatele experimentului. În continuare, dimensiunile modelului, debitele masice de fază solidă și gazoasă, precum și caracteristicile prafului de modelat pot fi deduse din ecuațiile (2) — (6).

Trebuie făcută observația că ecuațiile (2) și (3) nu sînt compatibile în modelare, conducînd la valori ale vitezei gazului în model diferite. Această dificultate se rezolvă modelînd exact criteriul Fr, rezultînd în consecință $\mathrm{Re}_M < \mathrm{Re}_R$, cu condiția ca $\mathrm{Re}_M > 20\,000$ (evident, în cazul în care în realitate $\mathrm{Re}_R > 20\,000$). În acest fel, în model se desfășoară o curgere cu caracter turbulent, care nu este totuși similară cu cea reală la nivelul turbioanelor de scară mică. Acest fapt nu influențează concluziile asupra curgerii la scara incintei (fenomenul de automodelare) [1].

Folosind ecuația (3), (criteriul Froude), rezultă viteza gazului în model :

$$\overline{w_M} = \sqrt{\lambda} \cdot \overline{w_R} \ [\mathrm{m/s}], \qquad (7)$$

debitul de gaz în model :

$$Q_M = \lambda^{3/2} Q_R \ [\mathrm{m^3/s}], \qquad (8)$$

respectiv debitul masic de gaz în model :

$$M_M = \lambda^{3/2} \frac{\rho_M}{\rho_R} M_R \ [\mathrm{kg/s}] \qquad (9)$$

Din ecuația (5a), echivalentă cu (5), deoarece

$$\mathrm{Fr}_M = \mathrm{Fr}_R,$$

rezultă debitul de fază solidă în model :

$$M_{SM} = \lambda^{3/2} \frac{\rho_M}{\rho_R} M_{SR} \ [\mathrm{kg/s}] \qquad (10)$$

În ce privește praful de modelat, acesta se alege folosind criteriile de similitudine (4a) și (6), respectiv Fr* și η.

Ținînd seama de (7), rezultă din (4a) :

$$w_{clM} = \sqrt{\lambda} \cdot w_{clR} \qquad (11)$$

Caracteristica granulometrică a prafului de modelat trebuie să fie reprezentată prin aceleași valori ale resturilor cumulate, la diametrele caracteristice determinate cu ajutorul ecuației (11).

În sfîrșit, mai trebuie observat că relația (6) nu este legată de scara de modelare, ci de natura fazelor gazoasă și solidă folosite la modelare, corelată cu natura fazelor gazoasă și solidă în cazul real.

Utilizarea ecuațiilor (7) — (11) pentru concepția modelului presupune definirea cazului real. Pentru problema examinată, au fost utilizate rezultatele unor măsurători efectuate asupra cazanului de abur G-330 instalat în CET Craiova, etapa I.

Drept sarcină de referință s-a considerat debitul de 300 t/h, la care corespunde un randament al cazanului de 81% și un consum de cărbune de 148 t/h. Temperatura gazelor de ardere în secțiunea de ieșire a focarului are valoarea de 1100°C. Pornind de la curba granulometrică medie a prafului de lignit stabilită prin măsurători în instalație : $R_{1.0} = 3\%$; $R_{0.2} = 30\%$; $R_{0.09} = 60\%$, s-a stabilit curba granulometrică a prafului real în secțiunea de ieșire a focarului, pornind de la următoarele ipoteze :

— analiza imediată a combustibilului prezintă rezultate uniforme la toate fracțiile granulometrice ;

— focarul asigură arderea completă a particulelor cu diametrul mai mic de 185 μm [4];

— particulele cu diametru mai mare de 185 μm pierd numai materiile volatile;

— în timpul procesului de ardere, dimensiunea particulelor rămîne neschimbată, ipoteză determinată pe determinările prezentate în [5], din care rezultă că în timpul arderii particulele de combustibil solid nu suferă o modificare sensibilă a dimensiunilor.

Pornind de la aceste ipoteze, s-a calculat curba granulometrică a prafului în secțiunea de ieșire a focarului, obținîndu-se : $R_{1,0} = 4{,}8\%$, $R_{0,2} = 48{,}3\%$; $R_{0,09} = 70{,}5\%$, debitul masic la finele focarului fiind 41 000 kg/h. Densitatea prafului real este de circa 2,0 g/cm² și este presupusă a fi constantă pentru toate fracțiile granulometrice.

Instalația de modelare, prezentată schematic în figura 1, permite încercarea unor modele tridimensionale, pentru modelarea izotermică, cu aer rece, cu sau fără praf.

Modelul este așezat la aspirația unui ventilator cu posibilitate de reglare a debitului. În amonte de ventilator este montat un cupon de măsură a debitului cu diafragmă normalizată. Pentru situațiile în care se face modelarea cu praf, între model și cuponul de măsură se intercalează un sistem de separatoare-ciclon.

Pentru cazul prezentat s-a construit din sticlă organică un model la scara $\lambda = 1/30$ al cazanului G-330. Trebuie făcută mențiunea

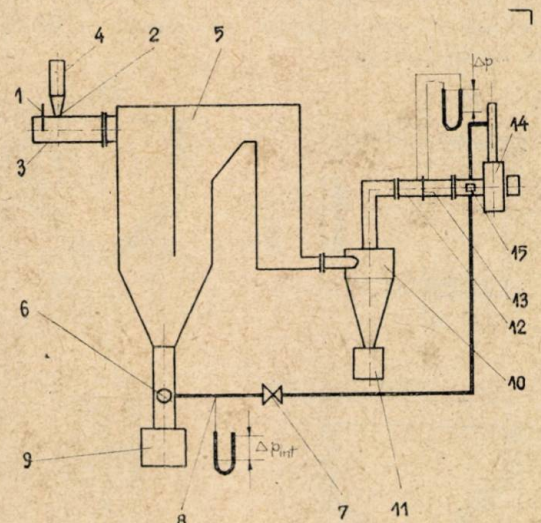


Fig. 1. Schema instalației de modelaer

1 — reglare debit aer; *2* — reglare debit praf; *3* — tronson de de omogenizare; *4* — buncăr; *5* — model; *6* — colector cu duze pentru insuflare în pîlnia rece; *7* — reglare debit insuflare în pîlnia rece; *8* — măsură debit insuflare; *9* — buncăr pîlnia rece; *10* — ciclon; *11* — buncăr ciclon; *12*—cupon măsură debit; *13*—diafragmă; *14*—ventilator acționat electric; *15* — reglare debit.

că deschiderea arzătoarelor din model a fost supradimensionată față de scara geometrică, pentru a asigura similitudinea cu jetul care arde, conform criteriului Thring-Newby [1].

Praful de modelare folosit a fost pulberea de PVC cu caracteristicile granulometrice corespunzătoare analizei granulometrice dedusă din criteriile de modelare. Vitezele de cădere liberă, pentru aplicarea ecuației (11), au fost calculate conform indicațiilor din [6]. Rezultatele calculelor sînt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

Real	Model
$Q_R = 3{,}3 \cdot 10^6$ m³/h	$Q_M = 675$ m³/h
$w_R = 9{,}1$ m/s	$w_M = 1{,}67$ m/s
$Re_R = 438.000$	$Re_M = 37.300$
$Fr_R = 0{,}93$	$Fr_M = 0{,}93$
$\rho_{GR} = 0{,}251$ kg/m³	$\rho_{GM} = 1{,}23$ kg/m³
$\rho_{SR} = 2{,}0$ kg/dm³	$\rho_{SM} = 1{,}4$ kg/dm³
$\nu_R = 20{,}40 \cdot 10^{-5}$ m²/s	$\nu_M = 1{,}46 \cdot 10^{-5}$ m²/s
$D_R = 9{,}8$ m	$D_M = 0{,}326$ m
$m_{SR} = 41 \cdot 10^3$ kg/h	$m_{SM} = 41$, kg/h
$\mu_R = 4{,}95 \cdot 10^{-2}$	$\mu_M = 4{,}95 \cdot 10^{-2}$
Curba granulometrică	
$R_{1,0} = 4{,}8\%$	$R_{0,3} = 4{,}8\%$
$R_{0,2} = 48{,}3\%$	$R_{0,06} = 48{,}3\%$
$R_{0,09} = 70{,}5\%$	$R_{0,02} = 70{,}5\%$
	folosit:
	$R_{0,2} = 0{,}5\%$
	$R_{0,125} = 6{,}9\%$
	$R_{0,09} = 26{,}3\%$
	$R_{0,063} = 63{,}9\%$

3. Încercări și rezultate obținute

Încercările pe model au fost efectuate în scopul studierii fenomenului de segregare a particulelor solide în pîlnia rece a unui focar cu flacără descendentă, inclusiv influența insuflării unei cantități de aer terțiar în pîlnia rece. În acest mod s-a urmărit ilustrarea influenței pe care ar putea să o aibă montarea unui grătar de postardere la acest cazan. Insuflarea a fost „modelată" prelevînd aer de la refularea ventilatorului, existînd și posibilitatea de a regla „gradul de insuflare", adică valoarea debitului de aer insuflat la baza focarului.

Rezultatele experimentelor sînt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Rezultate experimentale

Nr. crt.	Insuflare în pîlnia rece (mmH_2O)	Cantitate reținută (%)	Analiza granulometrică	
			Praf introdus	Praf reținut
1	0	33,5	$R_{0,2} = 0{,}5\%$ $R_{0,09} = 26{,}3\%$ $R_{0,063} = 63{,}9\%$	$R_{0,2} = 6{,}1\%$ $R_{0,09} = 79{,}5\%$ $R_{0,063} = 95{,}7\%$
2	60	25,5	Idem	$R_{0,2} = 5{,}8\%$ $R_{0,09} = 74{,}9\%$ $R_{0,063} = 95{,}3\%$
3	140	19,0	Idem	$R_{0,2} = 10{,}2\%$ $R_{0,09} = 86{,}1\%$ $R_{0,063} = 93{,}8\%$

Examinînd aceste rezultate, se pot trage următoarele concluzii :

a) cantitatea de fază solidă reținută în pîlnia rece a focarului se modifică sensibil și invers proporțional cu debitul de aer insuflat ;

b) curba granulometrică a fazei solide reținute se modifică și ea în funcție de debitul de aer insuflat, dar această modificare este sensibil mai modestă decît cea arătată la pct. a.

Aceste concluzii îndreptățesc o concluzie generală, și anume aceea că insuflarea aerului în pîlnia rece a focarului sub grătarul de postardere conduce la reducerea pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, în primul rînd prin reducerea gradului de reținere a cenușii în focar și într-o măsură mai mică prin micșorarea conținutului de substanțe combustibile din zgură.

Bibliografie

[1] Evans, D. G. *Modellversuche bei der Untersuchungen von Kesselfeuerungen.* În : Archiv für Energiewirtschaft, nr. 3, 1967.

[2] Barth, W. *Strömungsvorgänge bei Transport von Festteilchen und Flüssigkeitsteilchen in Gasen mit besonderer Berücksichtigung der Vorgänge bei pneumatischer Förderung.* În : Chemie — ing. Techn., nr. 3, 1958.

[3] Totolo, C. *Cercetări privind arderea lignitilor în cazanele centralelor de mare putere.* ICENERG, 1973 (nepublicat).

[4] Chercea, G. și Pillat, D. *Analiza comportării în funcționare a focarului cazanului de abur G 330 din CET Craiova.* ICENERG, 1971 (nepublicat).

[5] umz, W. *Kurzes Handbuch der Brennstoff und Feuerungstechnik.* Springer, 1972.

[6] Badzioch, S. *Correction for anisokinetic sampling of gas-borne dust particles.* În : Journal of the Institute of Fuel, martie 1960.

Cercetarea posibilității stocării cărbunilor bruți în timp, în buncăre, la termocentrale în caz de avarie

ing. **St. Nibeleanu**

— ICEMENERG —

Conservarea cărbunelui în buncăre, după ce temperatura lui a depășit 50°C, poate duce la o depreciere a acestui cărbune. Această depreciere se manifestă printr-o degradare granulometrică, însoțită de o creștere a temperaturii, care poate duce la apariția punctelor de jar.

Golirea buncărelor nu reprezintă o problemă în condițiile în care cazanul este în funcțiune. La opririle generate de avarii, cînd nu sînt prevăzute soluții constructive pentru evacuarea cărbunelui, situația se schimbă, devenind cu atît mai complexă cu cît volumul buncărului, și deci cantitatea de cărbune ce trebuie manipulată, este mai mare.

Situația se poate considera chiar critică în condițiile unor buncăre de 1000—1100 t cărbune și cînd cazanul în avarie este alimentat de șase buncăre.

În aceste condiții, pornindu-se de la premisa că rezultă a fi mai avantajos să se accepte o depreciere a cărbunelui prin stocare în continuare în buncăr, pe întreaga durată a avariei, s-a pus problema studierii apariției punctelor de jar, a naturii procesului de ardere ce se dezvoltă în cărbunii stocați și a implicațiilor ce pot să apară.

În acest sens s-au făcut experimentări la o centrală termică pe un buncăr exterior, de lîngă sala cazanelor, avînd o capacitate de circa 30 m³, și pe un buncăr-model, realizat la scară după buncărul folosit la măsurători.

1. Urmărirea fenomenului de autoaprindere a cărbunilor în buncărul pus la dispoziție pentru experimentări

În figura 1 se dă geometria buncărului exterior folosit la experimentări, iar în figura 2 schema de amplasare a 12 termocuple, care au fost poziționate paralel cu latura mare a buncărului. Pentru a se mări sensibilitatea termocuplelor, acestea au fost introduse într-o țeavă deschisă (fig. 3). Pentru protejarea sudurii calde, termocuplele au fost trase în interiorul țevii cu 4—5 mm. În figura 4 se dă vederea generală a amenajărilor efectuate la buncărul pus la dispoziție.

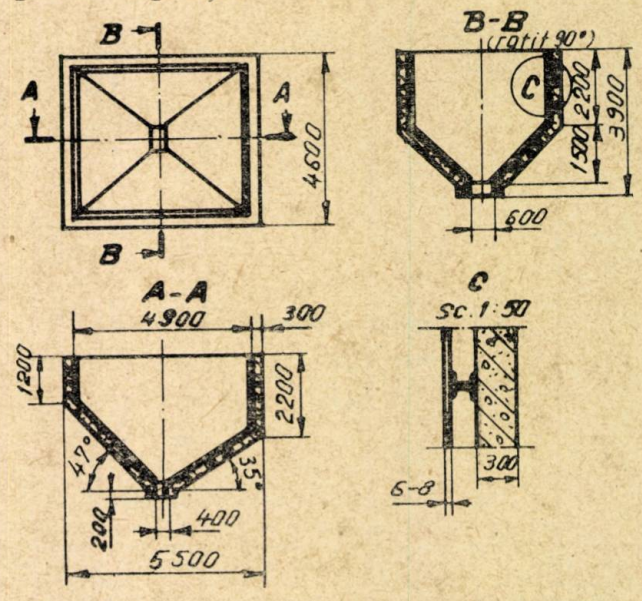


Fig. 1. Buncăr pentru cărbune brut pus la dispoziție.

Pentru scurtarea ciclului de experimentare, s-a folosit un cărbune cu tendință de autoaprindere mai accentuată, și anume cărbune brun de Țebea.

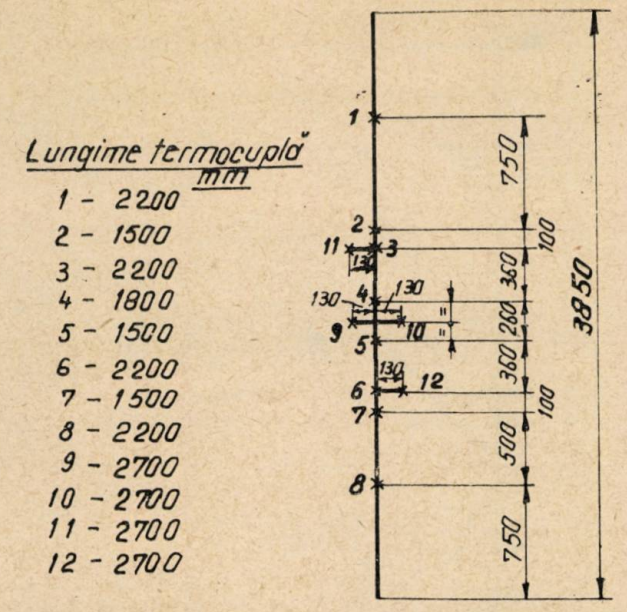


Fig. 2. Schema de amplasare a termocuplelor în buncărul exterior de cărbune brut.

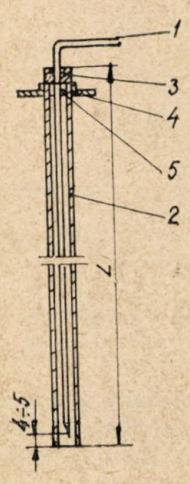


Fig. 3. Termocuplă

1 — sîrmă Ni-Cr-Ni; *2* — țeavă metalică; *3* — bandă izolatoare; *4* — opritor; *5* — dop fixare sîrmă Ni-Cr-Ni.

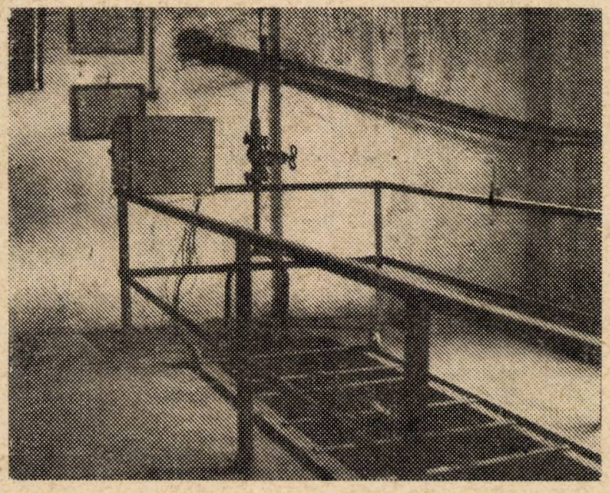


Fig. 4. Vedere generală a amenajărilor efectuate la buncărul pus la dispoziție.

Umiditatea totală a cărbunelui introdus în buncăr a fost de 23,8%, cenușa la anhidru de 34,1%, iar puterea calorică inferioară de 3216 kcal/kg.

În tabelul 1 se dă analiza granulometrică.

Citirea temperaturilor și înregistrarea lor s-au făcut cu un înregistrator cu compensare tip FEA cu 12 puncte de înregistrare. Temperatura cărbunelui în momentul introducerii în buncăr a fost de 16°C.

Buncărul folosit la măsurători a avut la partea inferioară o gură de evacuare care se închide cu un șibăr. Întrucît acesta nu asigură o etanșeitate perfectă, a existat o circulație de aer întreținută de o diferențiere a temperaturii în masa cărbunelui, ca urmare a unui proces de oxidare. Se consideră circulația de aer sub 0,1 $m^3/min/m^2$. În figura 5 se arată această diferențiere după trei zile (fig. 5 *b*) și după șapte zile (fig. 5 *c*), cînd temperatura cărbunelui varia între 36 și 81°C.

După 84 zile temperaturile erau de ordinul a 39—255°C (fig. 6 — în care cifrele 1—12 reprezintă temperaturile indicate de termocuplele care sînt amplasate ca în fig. 2).

Temperatura de mocnire, determinată după metodologia Centrului de cercetări pentru securitate minieră Petroșani, adică pentru un praf de cărbune cu o granulație < 100 μm, a fost de 300°C. Fumul a început să apară la 245°C. La 250°C au început să se observe în praful de cărbune crăpături. La cererea ICEMENERG, CCSM Petroșani a determinat temperatura de mocnire și în cazul granulației $\leqslant 3{,}5$ mm.

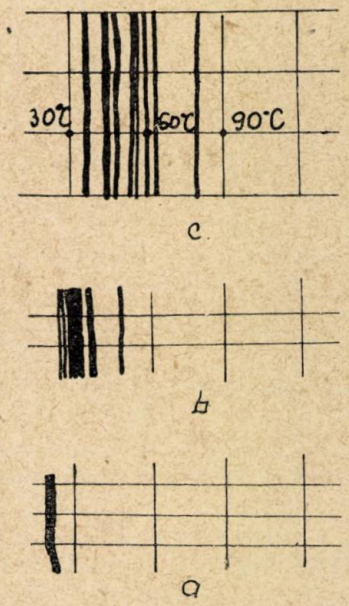


Fig. 5. Temperatura înregistrată

a — la umplere; *b* — după 3 zile; *c* — după 7 zile.

Pînă la 460°C nu au apărut puncte de jar. Făcîndu-se probe de autoîncălzire cu perhidrol, a rezultat o viteză de reacție de 10,05°C/min.

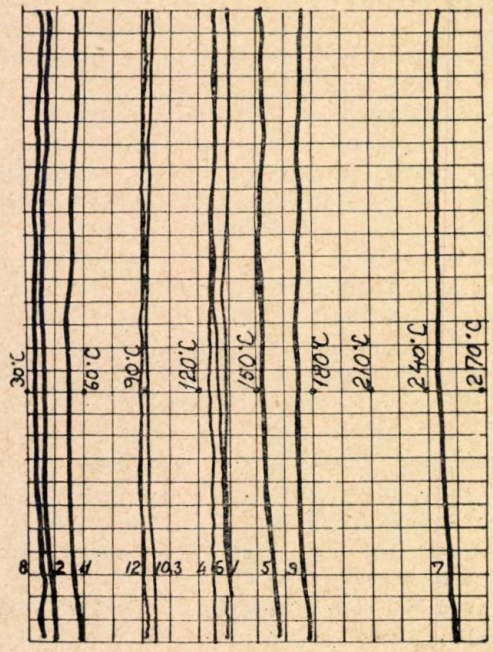


Fig. 6. Temperatura înregistrată după 84 zile de depozitare.

În conformitate cu metodologia CCSM Petroșani, la o viteză de reacție mai mare de 3°C/min, se poate afirma că există tendința de autoaprindere (fig. 7).

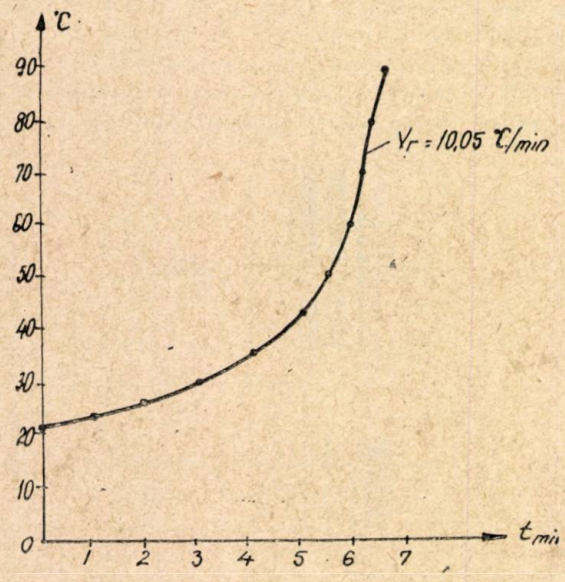


Fig. 7. Curba $y = f(t°C,\ t)$ în cazul terminării tendinței de autoaprindere cu perhidrol la cărbune de Țebea.

Tot în cadrul CCSM Petroșani, la cererea ICEMENERG s-a urmărit variația masei cărbunelui stocat, în funcție de temperatură, cu ajutorul unui derivatograf.

Determinările derivatografice au fost efectuate atît în atmosferă de aer cît și în mediu de azot (atmosferă inertă).

În figura 8 se vizualizează derivatograma masei cărbunelui de Țebea cu temperatura,

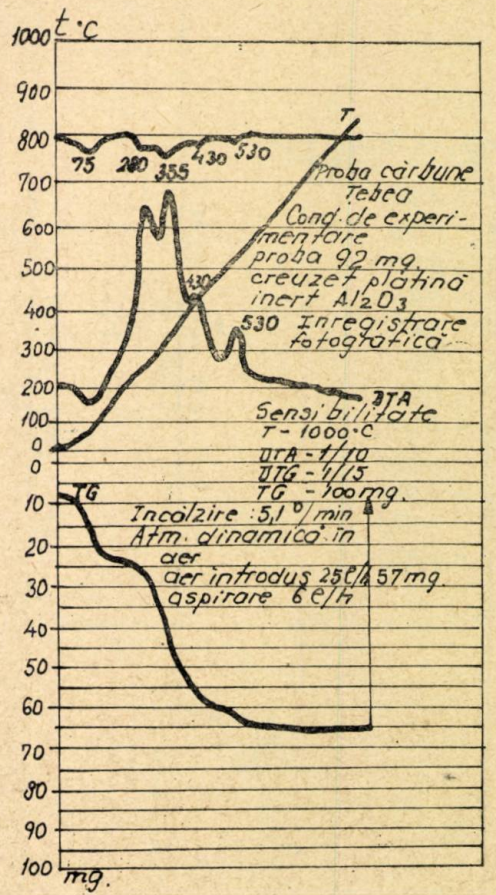


Fig. 8. Derivatograma variației masei de cărbune (TG) cu temperatura (T) în aer, pentru cărbune de Țebea.

în mediu de aer, în mediu de azot (fig. 9) și variația masei cărbunelui fix (cocsului) cu temperatura (fig. 10).

În derivatogramele prezentate, curbele DTG reprezintă diferențiala curbei TG în funcție de timp, vîrfurile de dedesubtul liniei de pornire indicînd temperaturile la care viteza scăderilor de masă este maximă.

Curba DTA reprezintă curba analizei termice diferențiale, vîrfurile îndreptate în jos indicînd temperaturile de echilibru ale proceselor endoterme, iar cele îndreptate în sus temperaturile proceselor exoterme.

Pentru a se obține temperaturile corespunzătoare vîrfurilor de pe curbele DTA și DTG,

Tabelul 1

Granulația mm	> 20	10—20	8—10	5—8	4—5	3—4	2—3
%	16,51	27,77	6,28	17,59	9,39	2,20	7,52

Granulația mm	1—2	0,5—1	0,25—0,50	0,15—0,25	0,10—0,15	0,074 0,10	< 0,074
%	6,30	2,08	2,57	0,42	0,44	0,13	0,80

cît și corespondența dintre modificarea de masă și temperatură, se trag paralele cu ordonate, iar acolo unde acestea intersectează curba T se citesc pe ordonată valorile temperaturilor corespunzătoare.

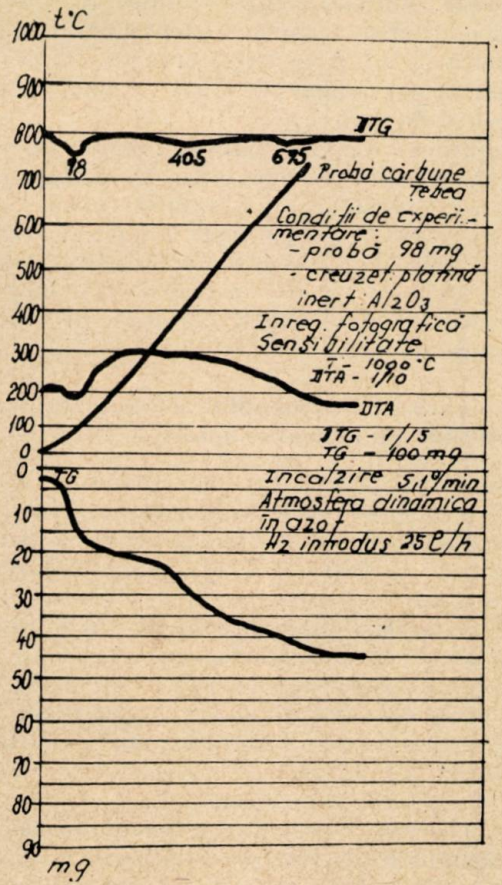


Fig. 9. Derivatograma variației masei de cărbune (TG) cu temperatura (T) în mediu de azot, pentru cărbune de Țebea.

Cărbunele de Țebea a fost menținut în buncărul pus la dispoziție o perioadă de 105 zile. Urmărindu-se fenomenul de autoaprindere a cărbunelui depozitat în această perioadă de timp, nu s-a putut constata o ardere cu flacără a acestuia și nici nu s-a întrevăzut o astfel de eventualitate în cazul unei depozitări în continuare.

S-a constatat, în schimb, o degradare granulometrică cu creștere a temperaturii și o ardere mocnită fără flacără, care are ca efect mărirea conținutului de cenușă cu micșorarea puterii calorice — fenomen ce nu evoluează uniform în toată masa cărbunelui, ci pe zone — cu transformarea finală a cărbunelui în cenușă. Procesul de ardere mocnită este însoțit de emanații de gaze și fum.

Variația temperaturii pe zone nu este un fenomen crescător permanent, ci crește pînă la un maxim care, în timpul măsurătorilor — deși peste 45% din masa cărbunelui s-a transformat în cenușă —, nu a atins 400°C, după care a scăzut în timp.

În figura 11 se dă variația unui punct de măsurătoare care, în decurs de 34 ore, descrie evoluția procesului de variație a temperaturii în diferitele zone ale straturilor de cărbune în diverse perioade de timp.

Astfel, după ce, după aproape 48 de zile, punctul de măsură a ajuns la 78°C, în decurs de 8 ore a crescut brusc la 258°C, adică cu o viteză de 22,5°C/oră, s-a menținut în domeniul 258—262°C timp de circa 4 ore, după care în 14 ore a scăzut lent cu 3°C/oră la 220°C. În continuare, timp de 2 ore a avut loc o scădere mai accelerată, cu 12,5°C/oră, pentru ca în continuare, în decurs de 1 oră, să scadă de la 195°C la 82°C, deci cu o viteză de 113°C/oră, temperatură la care s-a stabilizat.

În a 99-a zi de conservare a cărbunelui în buncăr s-au măsurat temperaturile stratului de cărbune de la suprafață, la o adîncime de 150 mm.

Măsurătorile s-au efectuat cu ajutorul unui termometru, în punctele 1—12, în conformitate cu figura 2.

Valorile obținute sînt redate în tabelul 2.

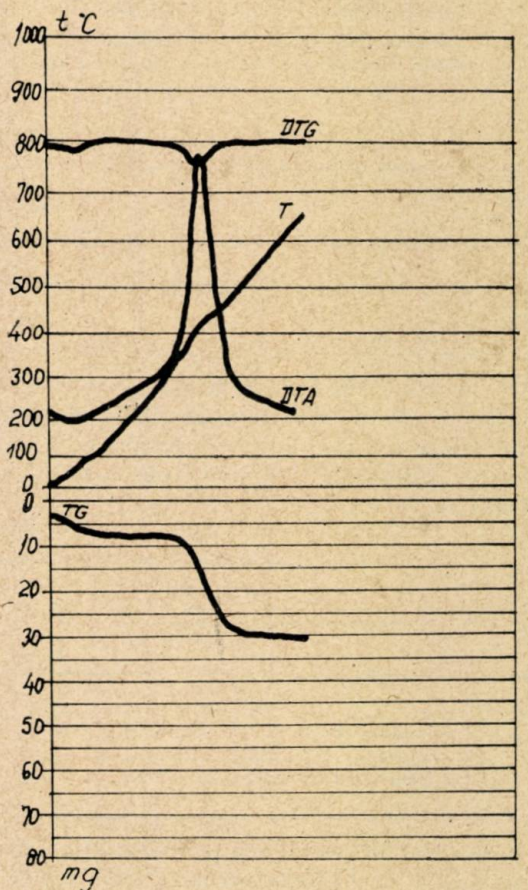


Fig. 10. Derivatograma variației masei cocsului (TG) cu temperatura (T), rezultat din încălzirea cărbunelui de Țebea, rămas după experimentarea din fig. 9.

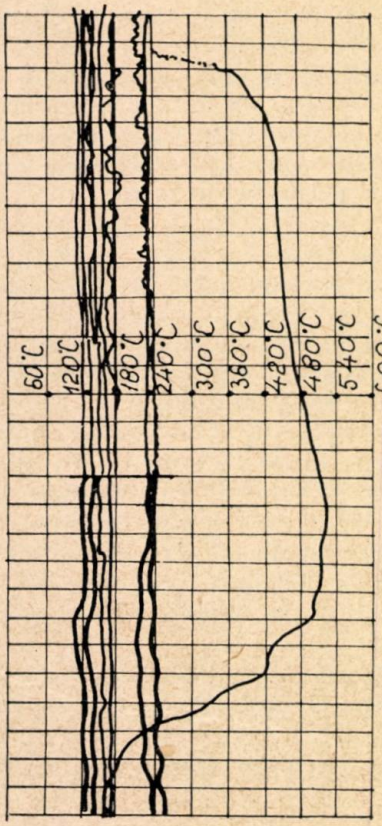


Fig. 11. Variația unui punct de măsură care, în decurs de 34 ore, descrie evoluția procesului de variație a temperaturii în diferitele zone ale cărbunelui depozitat.

Tabelul 2

Punct măsură nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Temperatura, °C	150	250	260	200	235	225	305	135	170	150	190	170

De la punctele 1, 4 și 8 s-au prelevat de la suprafață probe de cărbune și s-a determinat umiditatea totală, cenușa la anhidru și puterea calorică inferioară. Rezultatele sînt date în tabelul 3.

Tabelul 3

Nr. crt.	Natura cărbunelui	t °C	Umiditate totală W_t, %	Cenușă la anhidru A^a %	Putere calorică inferioară, kcal/kg	S %
1	Inițial	16	23,8	34,1	3216	3,69
2	La punctul 1	105	2,2	53,2	2037	2,64
3	La punctul 8	135	2,3	53,3	1990	3,16
4	La punctul 4	200	2,1	61,5	1354	2,04

În momentul prelevării probelor din tabelul 3, ca urmare a transformării parțiale a cărbunelui în cenușă, nivelul acestuia în buncăr scăzuse destul de mult, iar pe suprafața cărbunelui se vedea cenușă și cărbune al cărui colorit, ca urmare a procesului de ardere, suferise modificări.

În momentul în care, în punctul 8, s-a scurmat cărbunele de la suprafață, s-a putut constata în masa acestuia o mulțime de puncte incandescente. Această imagine indică felul în care are loc arderea mocnită a cărbunelui pe măsura fărîmițării lui și a transformării în praf, ca urmare a degradării granulometrice ce însoțește procesul de ardere.

Faptul că nu s-a observat crearea de focare de jar compact poate explica de ce, deși cărbunele se transformă în cenușă, termocuplele nu au indicat temperaturi de peste 400°C.

Într-adevăr, ele exprimau temperaturile iradiate de punctele de incandescență, fără a se afla totuși înconjurate complet de cărbune în stare de jar.

2. Urmărirea fenomenului de autoaprindere a cărbunilor pe buncărul-model

Experimentarea a fost repetată pe un buncăr-model, realizat la scară după buncărul folosit pentru măsurători și avînd un volum de 0,47 m³. Buncărul a fost modelat prin micșorare la scara 1 : 4.

După același sistem, în interiorul buncărului s-au amplasat opt termocuple Ni-Cr-Ni, realizate constructiv după modelul celor din figura 3, iar patru termocuple pe cei patru pereți exteriori ai buncărului. Pentru înregistrarea temperaturilor s-a folosit un înregistrator FEA cu 12 puncte cu compensare.

În vederea corelării, s-a folosit același sort de cărbune de aceeași granulație, cu umiditatea totală de 28,6%, cenușă la anhidru 41,1%, iar puterea calorică inferioară 2889 kcal/kg. Pentru a se accelera procesul de simulare a autoaprinderii, s-au introdus surse de foc sub formă de jar și materiale inflamabile (bucăți de lemn, paie) atît la partea inferioară a buncărului, cît și în zona mediană.

În figura 12 se dă diagrama variației temperaturii pe parcursul evoluției focarului de ardere mocnită în buncăr, unele temperaturi înregistrate fiind în scădere și altele în creștere.

După circa șase săptămîni, temperatura în buncăr a scăzut la temperatura mediului ambiant și întreaga masă de cărbune depozitat era practic transformată în cenușă. Cîntărindu-se, s-au găsit 178 kg cenușă, față de o masă inițială de circa 430—450 kg.

În figura 13 se prezintă diagrama variației temperaturii în timpul arderii mocnite în buncărul-model pentru lignitul de Rovinari.

Granulometria este redată în tabelul 4. Umiditatea totală a fost de 37,6%, cenușa la anhidru de 45,5%, iar puterea calorică inferioară de 1668 kcal/kg. Analiza elementară indică : C_f^a — 31,1%, S_c^i — 0,95%, H^a — 2,51%, substanțe volatile, V^a — 29,3%.

Tabelul 4

Granulația, mm	> 30	20—30	10—20	5—10	3,15—5	2,5—3,15	2—2,5	1,6—2	1,0—1,6
%	19,08	18,06	24,42	12,21	5,08	5,30	1,01	2,79	3,56

Granulația, mm	0,63—1	0,50—0,63	0,315—0,63	0,2—0,315	0,1—0,2	0,08—0,1	< 0,08
%	3,30	0,76	1,78	1,52	1,78	0,50	0,85

Procesul de ardere a fost lăsat să evolueze în buncăr un număr de 10 zile.

Testările făcute de CCSM Petroșani pentru temperatura de mocnire după metodologia lor — granulația mai mică de 0,1 mm — au indicat ca temperatură de apariție a jarului 300°C, cu mențiunea că are loc o degradare bruscă a materialului.

Pentru granulația 0—3,12 mm nu au apărut puncte de jar pînă la 460°C. Proba de autoîncălzire cu perhidrol a dat o viteză de reacție de 7,02°C/min (fig. 14).

În figurile 15—17 sînt prezentate, pentru lignitul de Rovinari, cariera Girla, derivatogramele de variație a masei de cărbune (*TG*) cu temperatura (*T*) în aer, în mediu de azot și a masei cocsului rezultat din încălzirea lignitului în mediu de azot.

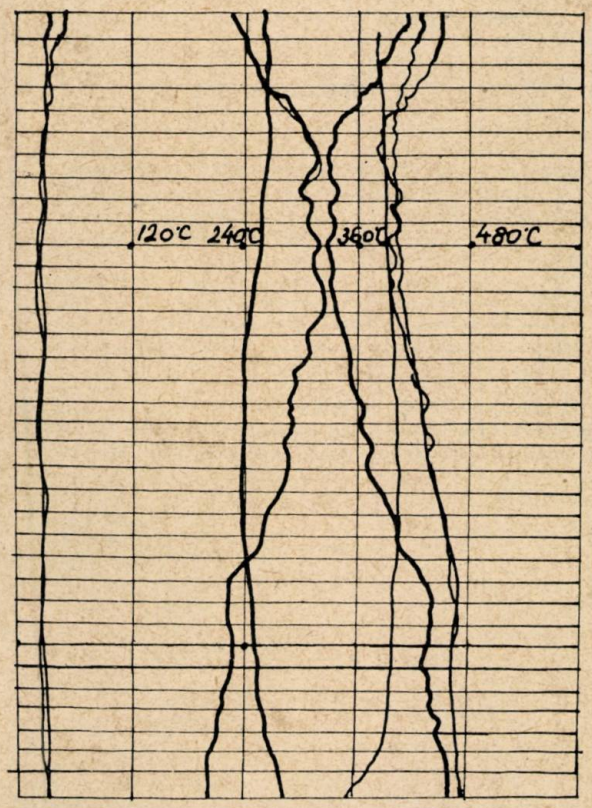


Fig. 12. Variația temperaturilor pe parcursul experimentării la cărbunele de Țebea stocat în buncărul-model.

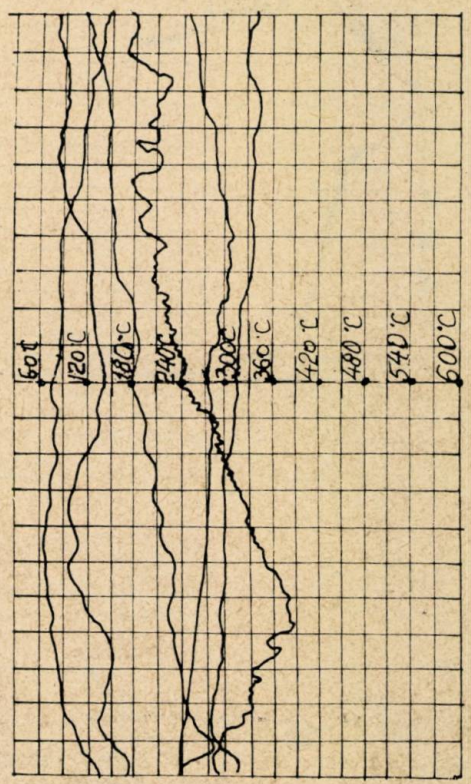


Fig. 13. Variația temperaturilor pe parcursul experimentării la lignitul de Rovinari stocat în buncărul-model.

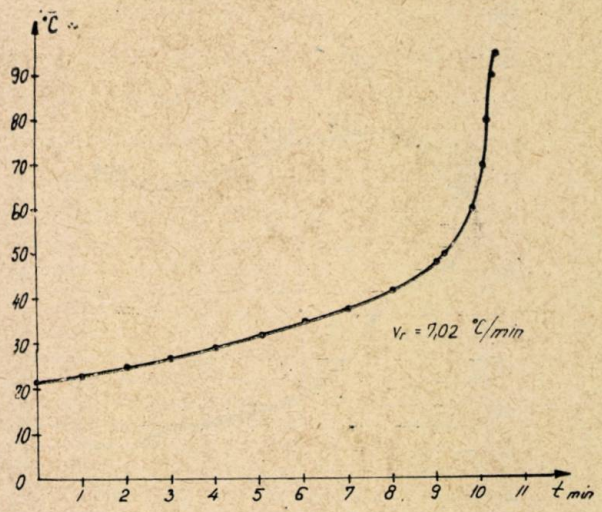


Fig. 14. Curba $Y = f(t, °C, t_{min})$, în cazul determinării tendinței de autoaprindere cu perhidrol la lignitul de Rovinari.

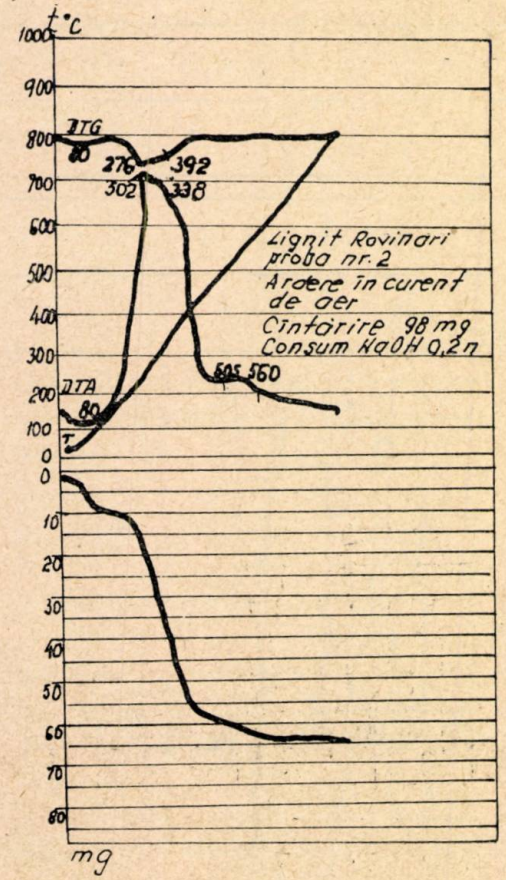


Fig. 15. Derivatograma variației masei de cărbune (*TG*) cu temperatura (*T*) în aer, pentru lignit de Rovinari, cariera Gîrla.

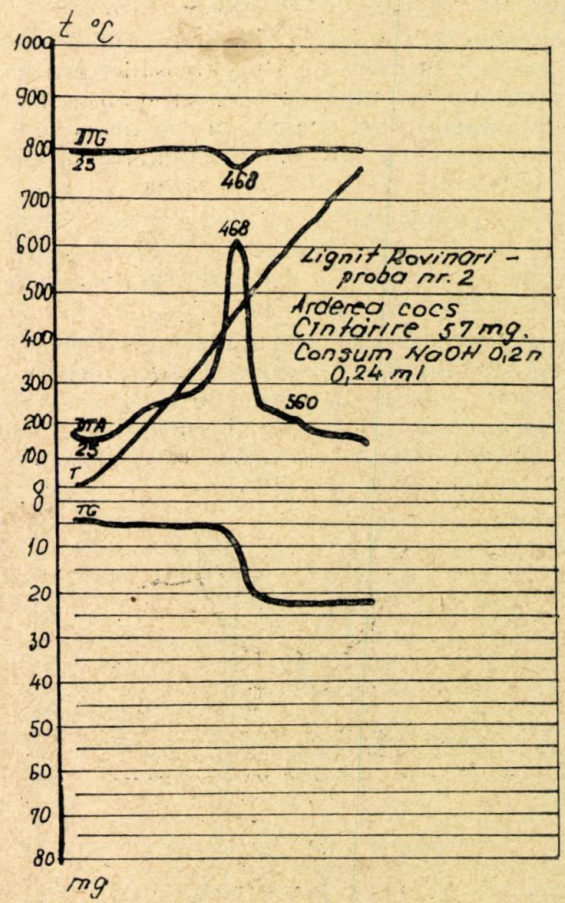


Fig. 17. Derivatograma variației masei cocsului (*TG*) cu temperatura (*T*), rezultat din încălzirea lignitului de Rovinari, cariera Gîrla, rămas după experimentarea din fig. 16.

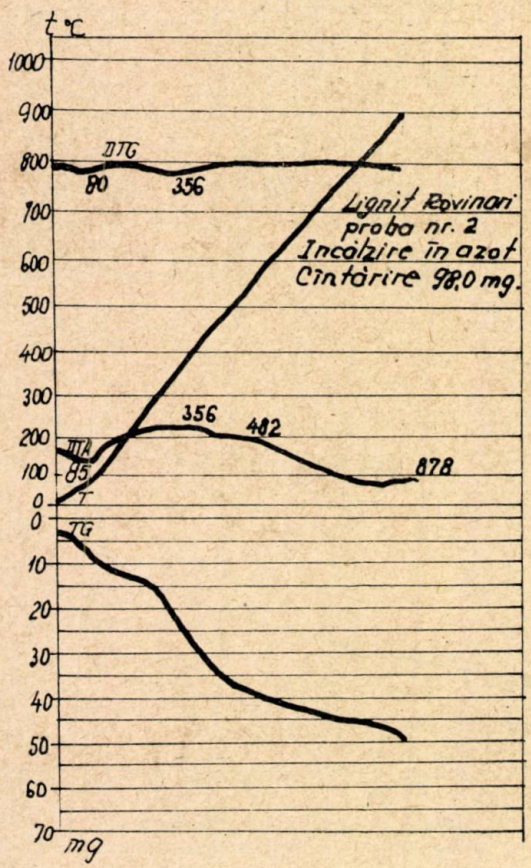


Fig. 16. Derivatograma variației masei de cărbune (*TG*) cu temperatura (*T*) în mediu de azot, pentru lignit de Rovinari, cariera Gîrla.

3. Stingerea procesului de ardere cu soluție apoasă de DERO 73

DERO 73 este un detergent în stare lichidă produs de Întreprinderea DERO-Ploiești și care poate fi folosit în stare de soluție apoasă la stingerea incendiilor, avînd proprietatea, spre deosebire de apa curată, de a pătrunde prin cărbune ca urmare a măririi capacității de pătrundere a apei în urma reducerii tensiunii de suprafață și de transformare a substanțelor hidrofobe (grase) în substanțe hidroxile.

Testarea stingerii s-a efectuat în buncărul-model umplut cu lignit de Rovinari și avînd un focar de ardere mocnită în plină dezvoltare, termocuplele înregistrînd temperaturi între 70 și 280°C (fig. 18).

Se menționează că cu două zile în urmă ele înregistrau și temperaturi de 460°C, care se presupune că există și în momentul stingerii în zone ale buncărului ce nu afectează termocuplele.

Cu ajutorul unei autopompe cu cisternă și tun Roman, se pulverizează timp de 100 s soluție apoasă cu 3,3% DERO 73, asigurîndu-se un debit total de 112,5 l. Soluția a căzut în buncăr sub formă de ploaie.

Cînd s-a încetat stropirea buncărului, acesta era plin cu soluție apoasă sub formă de spumă, care s-a resorbit în timp. Se constată o scădere la început mai accentuată, ulterior mai lentă, de la 270 la 154°C, a temperaturii.

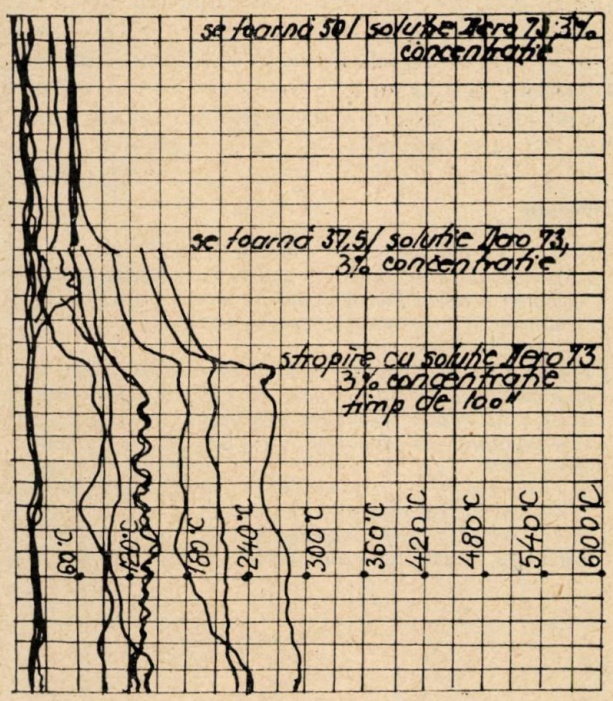


Fig. 18. Variația temperaturilor indicate de termocuple în timpul stingerii cu soluție apoasă DERO 73.

La intervale de timp în conformitate cu diagrama din figura 18, se toarnă cu găleata o soluție cu 3% DERO 73, inițial 37,5 l, cînd se constată o scădere a temperaturii de la 154 la 75°C, și ulterior 50 l, cînd temperatura ajunge practic la cea a mediului ambiant.

Se procedează la evacuarea cărbunelui. Nu se observă puncte de jar, dar se constată că, din cauza umezirii, cărbunele a devenit aderent la pereții buncărului și se evacuează greu.

4. Stingerea focarului de ardere cu pulbere de clorură de var

Testarea stingerii s-a efectuat în buncărul-model umplut cu cărbune cu tendință de autoaprindere mai accentuată (Țebea) și avînd un focar de ardere mocnită în plină dezvoltare. Termocuplele indicau temperaturi între 100 și 260°C. Se observă degajări de fum.

În vederea stingerii s-a procedat la tasarea cărbunelui de la suprafața buncărului și acoperirea cu un strat subțire de clorură de var.

Se constată o scădere rapidă a temperaturii, urmată de încetarea eliminării de fum.

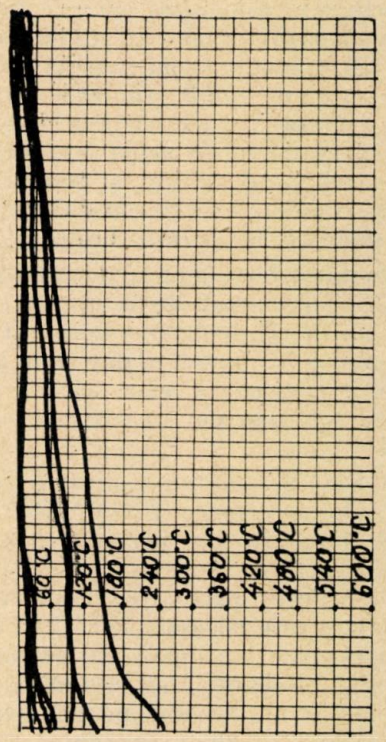


Fig. 19. Variația temperaturilor la termocuple în timpul stingerii cu aplicare de clorură de var.

După un număr de 34 ore se poate considera că temperatura cărbunelui din buncăr a ajuns la cea a mediului ambiant (fig. 19).

Concluzii

Experimentările efectuate în condițiile unei circulații totale de aer în buncăr sub 0,1 m^3/min/m^2 au arătat următoarele :

— Conservarea cărbunelui în buncăre după ce temperatura lui a depășit 50°C poate duce la

o depreciere a lui. Această depreciere se manifestă printr-o degradare granulometrică, cu o creștere a temperaturii, cu apariția în timp a punctelor de jar, care antamează o ardere mocnită fără flacără, avînd ca efect creșterea conținutului de cenușă și micșorarea puterii calorice.

— Procesul de ardere mocnită, odată antamat, nu evoluează uniform în masa cărbunelui, ci pe zone, cu transformarea finală a cărbunelui în cenușă. El este însoțit de emanații de gaze și fum.

— Variația temperaturii pe zone nu este un fenomen continuu crescător și după ce a atins un maximum — care nu a depășit 400°C la buncărul nemodelat — scade în timp. La testările pe model s-au înregistrat și temperaturi peste 500°C, fără a se depăși 600°C. Ele se datoresc produselor combustibile (păcură, motorină) introduse, care, în mod normal, nu se găsesc în buncărele cu cărbuni în exploatare.

— Cărbunii de granulație mare nu au tendință de autoaprindere. Concluzia care se desprinde referitor la autoaprinderea cărbunilor în buncăr este aceea că punctele de jar apar la fracțiunile fine, iar procesul de combustie (ardere mocnită) are loc în măsura în care cărbunele se fărîmițează prin degradare. Pe acest considerent nu apar mase compacte de jar, și numai puncte de jar, care limitează creșterile de temperatură în zonă, inclusiv la pereții buncărului.

Pentru evitarea fenomenului de autoaprindere este necesar nu numai de a nu se conserva cărbunele mai mult decît este acceptat în prezent prin norme, în buncăre, dar și de a se realiza soluții constructive care să nu permită curgerea de tip coș, cu apariția de zone de staționare.

În acest sens se impune aplicarea soluțiilor preconizate în cercetarea ICEMENERG, care recomandă buncăre cu pereți verticali sau divergenți.

— La buncărele existente, unde curgerea este de tip coș, este necesară curățirea lor periodică de straturile staționare de cărbune.

— Volumul buncărelor se recomandă să fie limitat la cel strict necesar pentru asigurarea unei alimentări continue a cazanului (de regulă 4 ore).

— La opririle generate de avarii, cînd nu sînt prevăzute soluții constructive pentru evacuarea cărbunelui, se poate accepta stocarea lui pe durata avariei.

— Pentru micșorarea pericolului apariției punctelor de jar și a antamării unui proces de ardere mocnită într-un buncăr cu cărbune brut care nu poate fi introdus în consum, blocul fiind în avarie, este necesară o nivelare a cărbunelui și o tasare a stratului său superior. Această tasare — cu respectarea normelor de protecție a muncii — se poate realiza mecanizat sau manual, prin batere cu maiul. Deasupra stratului de cărbune tasat, trebuie să se pulverizeze — tot cu respectarea normelor de protecție a muncii — pulbere de clorură de var.

— Buncărele (în special cele de capacitate mare) trebuie să fie prevăzute cu termocuple, care să permită urmărirea temperaturii cărbunelui din buncăr, cu posibilitatea citirii în sala de comandă.

— Stingerea focarelor de ardere mocnită din masa cărbunelui, cînd acestea se află în adîncime, deci nu sînt vizibile, se realizează cu soluția apoasă de DERO 73. Un inconvenient al folosirii acestei soluții îl constituie faptul că prin umectare se îngreunează evacuarea cărbunelui din buncăr.

— La apariția de focare de ardere mocnită, atunci cînd morile nu sînt prevăzute cu soluții constructive care să permită inertizarea, se impune ca la ieșirea din buncăr cărbunii să fie pulverizați pe banda de transport cu pulberi care să asigure stingerea lor (clorură de var, florex).

— Pe măsura golirii buncărului cu cărbuni cu puncte de jar, cu introducerea în consum, este necesar să se completeze nivelul cu cărbune proaspăt din depozit.

Bibliografie

[1] Nibeleanu, St., Popescu, P. și Proca, A. *Experimentarea pe model a evoluției fenomenului de autoaprindere a cărbunilor depozitați în buncăre și a eficienței în stingere a unor substanțe fabricate în țară.* În : Energetica nr. 8, 1980.

[2] Dreguș, A. *Stabilirea parametrilor de inflamabilitate și a tendinței de autoaprindere a cărbunilor în amestec de la I. M. Țebea, preparația Petrila, preparația Coroiești și a lignitului de Rovinari.* Cercetare C.C.S.M. Petroșani, 1979.

[3] Bordocz, V. *Derivatograme ale cărbunelui de Țebea.* Cercetare CCSM Petroșani, 1979.

[4] Bordocz, V. *Derivatograme ale lignitului de Rovinari.* Cercetare CCSM Petroșani, 1979.

Aspecte mecano-metalurgice rezultate în urma examinării unei avarii la o conductă de abur viu

ing. **Liana Turcu** și tehn. **V. Grăpinoiu**
— ICEMENERG —

1. Descrierea avariei

Conductele de abur viu aferente cazanelor de abur din centralele electrice sînt elemente puternic solicitate termic și mecanic, în timpul utilizării acestora. De aceea, pentru ca aceste elemente să reziste timp îndelungat la temperaturile de regim, se utilizează ca material oțeluri speciale, aliate cu Cr și Mo sau Cr, Mo și V, elemente chimice care conferă acestor oțeluri o stabilitate mare a caracteristicilor mecanice în timp, respectiv proprietăți superioare de fluaj.

Folosirea unor oțeluri necorespunzătoare din punctul de vedere al compoziției chimice pe traseul unei conducte de abur viu poate provoca în timpul exploatării avarii cu consecințe deosebit de grave.

Astfel, la o centrală electrică echipată cu trei cazane și trei turboagregate care funcționează conform schemei din figura 1, s-a produs ruperea a două ștuțuri de țeavă pe conducte de abur viu, în zona de racordare a unuia din cele trei cazane la magistrala de abur. Ruperea s-a produs în materialul ștuțurilor în imediata apropiere a unor suduri la corpul unui T de pe traseul conductei respective (fig. 2).

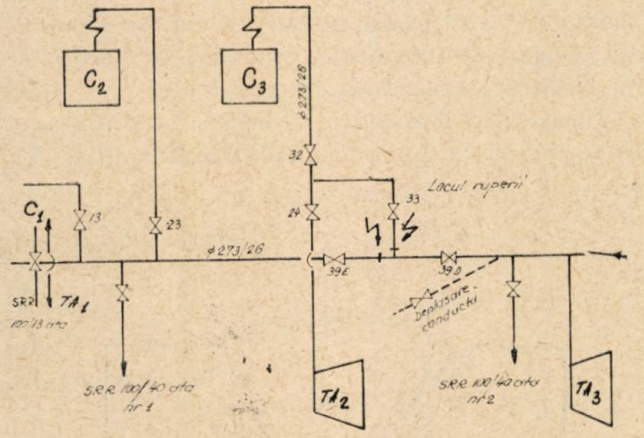


Fig. 1. Schema de funcționare a cazanelor și turboagregatelor din centrala electrică avariată.

Ca o consecință a avariei s-a deformat conducta magistrală, desprinzîndu-se din suporturi, ceea ce a permis ca o mare cantitate de abur de 100 ata și 500°C să fie evacuată în sala mașinilor. Aceasta a provocat ruperea și pulverizarea izolației termice de pe unele conducte învecinate, deteriorarea unor construcții și instalații auxiliare și oprirea celor trei cazane și turboagregate respective, ceea ce a afectat consumatorii de abur de pe platforma petrochimică deservită de centrala electrică.

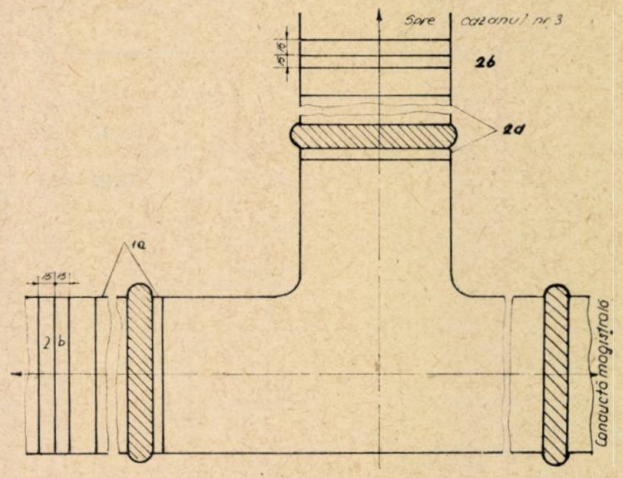


Fig. 2. Locul de prelevare a problelor pentru analize și încercări mecanice.

2. Rezultate experimentale

Pentru cercetarea cauzelor avariei s-au prelevat inele din conducta avariată (fig. 2) și s-au confecționat epruvete pentru analize chimice, metalografice și încercări mecanice.

Analiza chimică a scos în evidență următoarele aspecte :

— materialul provenind din corpul T-ului este din oțel 20MHL, oțel aliat cu Cr și Mo (tabelul 1) ;

— materialul celor două ștuțuri avariate este din oțel nealiat marca St20 (tabelul 1), oțel necorespunzător pentru funcționarea de durată la temperatura de 500°C.

Materialul de adaos la cele două îmbinări sudate analizate corespunde unui electrod asemănător cu tipul E-09 MH, electrod aliat cu Cr și Mo (tabelul 1).

Analiza macroscopică a probelor a scos în evidență faptul că sudurile analizate au șanfrenul în U și sînt executate cu inel interior. Probele prezintă o ruptură în zona materialului de bază (după zona de influență termică a ștuțurilor din oțel nealiat), ruptură care s-a

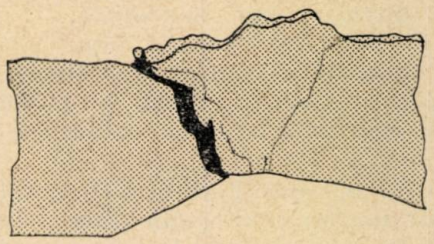


Fig. 3. Atac acid azotic 10%, 1×1.

propagat de la interior spre exteriorul conductei (fig. 3 și 4).

Proba 1 prezintă o fisură în stratul de rădăcină, care se propagă pe o lungime de circa

Tabelul 1

MH electrod aliat cu Cr și Mo (tabelul 1)

Marcaj		Compoziția chimică					
		C	Mn	Si	Cr	Mo	V
1	Ștuț	0,14	0,57	0,35	0,08	0,01	—
	Electrod	0,15	0,93	0,37	0,54	0,70	—
	T	0,21	0,66	0,75	0,57	0,38	0,12
2	Ștuț	0,15	0,58	0,32	0,08	0,02	—
	Electrod	0,14	1,09	0,16	0,45	0,02	—
	T	0,18	0,60	0,68	0,58	0,40	0,11
Oțel St 20		0,17 0,24	0,35 0,65	0,17 0,37	max 0,25	— —	— —
Oțel 20MHL		0,24	0,60	0,32	0,58	0,50	—
Electrod E-09MH		0,06 0,12	0,4 0,9	0,15 0,35	0,35 0,65	0,35 0,65	— —

5 mm, fiind datorată tensiunilor apărute în momentul ruperii și care s-a propagat pe fondul unui defect anterior (fig. 3).

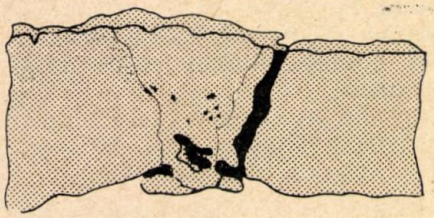


Fig. 4. Atac acid azotic 10%, 1×1.

Proba 2 prezintă numeroase defecte datorate incluziunilor de zgură. În straturile din mijloc se observă incluziuni de zgură grupate, iar în stratul de rădăcină o incluziune cu dimensiuni foarte mari. Aceste defecte sînt inadmisibile la sudurile cap la cap ale conductelor de înaltă presiune în conformitate cu instrucțiunea ISCIR corespunzătoare.

Structura materialului de adaos este alcătuită din grăunți fini de ferită și perlită, cu treceri evidente între straturi și cu granulație primară mare în ultimul strat de sudură.

Zona de influență termică, bine conturată, prezintă la limita de contact cu sudura un strat cu granulație grosieră. Zona de normalizare ZIT este evidentă, avînd o structură foarte fină.

Materialul de bază al ștuțurilor avariate prezintă o structură alcătuită din grăunți de ferită cu limite neclar conturate și carburi globulare plasate inter și intragranular. Materialul prezintă numeroși pori rotunzi vizibili și cu ochiul liber.

În material se observă numeroase fisuri care se propagă în direcția acestor pori.

Microstructura aceasta indică o deterioare a materialului prin disocierea de grăunți care inițial erau bine conturați, prin globulizarea carburilor eutectoide, prin precipitarea de carburi în soluția solidă și pe rosturile grăunților de ferită și mai ales prin existența porilor pe planurile de separație dintre cristale care prin fuzionare au format în final discontinuități în material și au dus la scăderea compactității acestuia.

Microstructura T-ului este corespunzătoare, fiind alcătuită din grăunți mari de ferită și perlită și numeroase carburi globulare plasate în special în interiorul grăunților de ferită și în cantitate mai mică pe rosturi.

Încercările de duritate efectuate pe suprafața transversală a probelor metalografice (fig. 5)

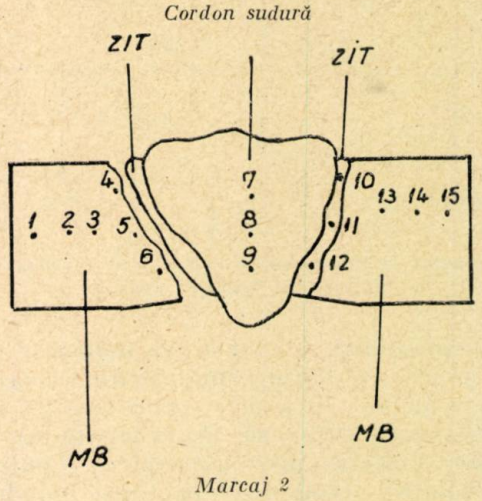


Fig. 5. Schema de amplasare a amprentelor măsurătorilor de duritate.

au arătat că aceasta este corespunzătoare din punctul de vedere al sudurii, diferența între valorile durităților obținute pe materialul de bază, zona influențată termic și materialul de adaos fiind sub 100 unități HV10 (tabelul 2). Se remarcă valorile scăzute ale durității pe materialul țuturilor avariate.

Încercările mecanice efectuate pe probe prelevate transversal din țuturile avariate au arătat în general o scădere a caracteristicilor mecanice față de valorile minime date de normă (tabelul 3).

Tabelul 2

Zona	Nr. ampr.	Proba 1		Proba 2		Media pe zonă	
		Ampr.	HV 10	Ampr.	HV 10		
MB	1	410	110	403	114	107,7	117,7
	2	418	106	388	123		
	3	416	107	400	116		
	4	396	118	395	119		
	5	394	120	404	114	114,33	118,33
	6	421	105	390	122		
S	7	329	171	300	206	172,	201,7
	8	323	178	301	205		
	9	331	169	309	194		
ZIT	10	320	181	306	198	185	189
	11	313	187	320	181		
	12	315	187	314	188		
MB	13	323	178	314	188	183	177,7
	14	306	198	326	175		
	15	327	173	330	170		

Limita de curgere a probelor analizate prezintă o scădere maximă de 7,5% față de valorile minime date de normă, în timp ce rezistența la rupere a probelor prezintă o scădere de maximum 11,5%.

Dacă față de valorile minime ale normei această scădere nu este prea mare (instrucțiunea ISCIR C 29—75 privind controlul fluajului la conducte admite o scădere în timp a caracteristicilor mecanice de pînă la 1 %), putem considera că în realitate caracteristicile de rezistență ale materialului analizat au scăzut mult mai mult, admițînd că aceste țuturi în stare inițială aveau caracteristici de rezistență (Rp 0,2, Rm) superioare valorilor minime date de normă (lucru frecvent în practică).

Valorile obținute pentru alungirea și gîtuirea la rupere, precum și pentru reziliență sînt necorespunzătoare, materialul fiind puternic fragilizat. Acest lucru se datorează existenței discontinuităților în material, discontinuități care apar și pe suprafața de rupere a încercărilor la tracțiune și reziliență.

Tabelul 3

Marcaj	Temperatura de încercare °C	R 0,2 (N/mm²)	Rm (N/mm²)	A%	Z%	KCU J/cm²
St 20 cf. 10801 64	20	min 216	min 403	min 22	min 40	min 40
	400	min 140	—	—	—	—
IM1	20	202	367	33,0	70,0	112,5
		199	358	33,5	69,5	130,9
		199	360	34,0	71,1	110,0
		163	320	20,0	65,4	165,0
	400	146	303	18,3	61,0	112,5
		195	309	16,7	61,0	167,5
		142	211	20,8	58,5	130,0

Tabelul 4

Marcaj	Temp. de încercare °C	R 0,2 (N/mm²)	Rm (N/mm²)	A%	Z%	KCU J/cm²
IM2	500	187	234	25,7	69,5	128,8
		171	226	26,7	69,5	145,0
	20	256	352	11,5	20,3	25,0
		220	354	13,5	20,3	20,0
		211	366	22,2	29,7	22,0
	400	248	301	7,2	20,3	43,8
		187	315	9,8	26,4	70,0
		291	342	11,7	23,6	78,8
	500	240	268	9,8	23,6	70,0
		215	—	—	—	50,0
		187	250	17,5	32,5	60,0

Odată cu creșterea temperaturii de încercare (fig. 6) se remarcă o scădere a caracteristicilor mecanice de rezistență. Această scădere este diferențiată, fiind mai accentuată la valorile rezistenței de rupere, comparativ cu limita de curgere, și determinînd o îngustare a intervalului dintre cele două caracteristici mecanice de rezistență, ceea ce înseamnă o creștere a fragilității materialului odată cu creșterea temperaturii de încercare.

Acest lucru este confirmat şi de faptul că nu se remarcă o creştere a valorilor de plasticitate ale materialului (alungire, gîtuire, rezilienţă) cu temperatura de încercare, valorile la temperatura de 500°C fiind mai scăzute decît la temperatura de +20°C.

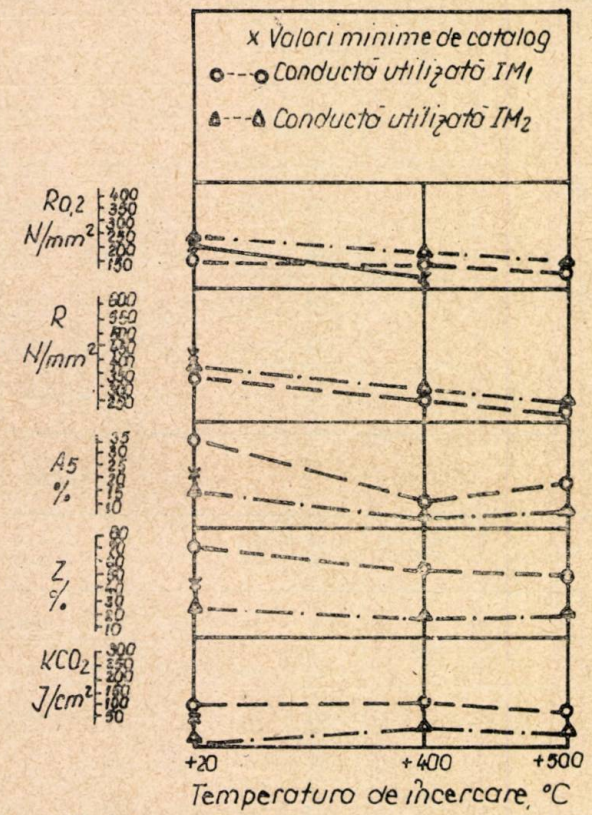


Fig. 6. Variaţia caracteristicilor mecanice de scurtă durată cu temperatura de încercare.

3. Procese mecano-metalurgice cauzate în producerea avariei

Materialul ştuţurilor avariate corespunde mărcii de oţel St20 conform GOST 10801—64 şi este necorespunzător pentru funcţionarea de durată la parametrii nominali, respectiv presiune 100 ata şi temperatură 500°C.

În timpul exploatării acestor ştuţuri supuse la eforturi la temperatură ridicată, respectiv la fenomenul de fluaj, au avut loc în materialul acestora modificări în compoziţia fazelor şi în morfologia constituenţilor metalografici, care au dus la scăderea capacităţii de rezistenţă a lor.

Microstructura indică o deteriorare a materialului prin disocierea de grăunţi, care iniţial erau bine conturaţi, prin globulizarea carburilor eutectoide, prin precipitarea de carburi în soluţia solidă şi pe rosturile grăunţilor de ferită şi mai ales prin existenţa unor pori pe planurile de separaţie dintre cristale care, prin fuzionare, au format în final discontinuităţi în material şi au dus la scăderea densităţii acestuia.

Existenţa acestor discontinuităţi în materialul ştuţurilor arată că în timpul exploatării acestora s-a ajuns pînă la ultimul stadiu de fluaj, fluajul accelerat, care a evoluat pînă la distrugerea prin rupere a materialului.

În acest stadiu al fluajului s-a produs o accelerare a vitezei de fluaj, respectiv o creştere a diametrului ştuţurilor, creştere care nu a putut fi evidenţiată, neexistînd termen de comparaţie, respectiv măsurători de diametre iniţiale. Se poate presupune că această creştere a fost relativ redusă, fiind împiedicată de încastrările rigide ale ştuţurilor în traseul conductei, porţiunile învecinate ştuţurilor fiind din material corespunzător (oţel aliat) cu caracteristici de rezistenţă superioare, precum şi de faptul că aceste ştuţuri aveau lungimea relativ redusă (aproximativ egală cu diametrul exterior al conductei).

Ca urmare, ruperea s-a produs în materialul de bază al ştuţurilor în imediata vecinătate a încastrărilor (îmbinările sudate la restul conductei).

Exploatarea fără avarie, timp de 170 000 ore, a acestor ştuţuri se poate explica prin eforturile efective reduse din aceste zone (3 kgf/mm², conform calculelor ISPE, iar norma GOST dă pentru rezistenţa de durată la 100 000 ore şi temperatura 500°C pentru oţelul St20 valoarea de 5 kgf/mm²) şi prin coeficientul de siguranţă mare utilizat în calculul de dimensionare.

Concluzii

Avaria s-a produs prin ruperea fragilă a materialului ştuţurilor din oţel nealiat în imediata apropiere a sudurilor acestora la corpul T, fapt atestat şi de valorile scăzute ale plasticităţii materialului analizat, alungirea şi gîtuirea la rupere, precum şi rezilienţa avînd valori necorespunzătoare.

Pentru prevenirea în viitor a unor avarii similare, se recomandă ca centralele electrice să execute un control riguros al conductelor de abur, în special la cele a căror durată de funcţionare se apropie de durata de calcul sau au depăşit-o şi care să cuprindă următoarele :

— Efectuarea analizei spectrale calitative (stiloscopare) pe întregul traseu al conductelor de abur viu, în vederea depistării şi eliminării materialelor necorespunzătoare din punctul de vedere al compoziţiei chimice.

— Controlul defectoscopic al tuturor îmbinărilor sudate de pe traseul acestor conducte de abur şi remedierea celor găsite necorespunzătoare.

— Pentru depistarea unor eventuale fisuri pe traseul conductelor respective este necesar să se controleze vizual, cu lupa, toate coturile şi T-urile, iar în zona mediană a coturilor, cu ultrasunete. De asemenea este necesar să se controleze cu ultrasunete zonele adiacente ale

sudurilor pe o lățime de 200 mm de fiecare parte a sudurii.

— Este necesar să se efectueze măsurători de fluaj pe repere pe întregul traseu al conductelor de abur viu și să se determine valorile deformației remanente și a vitezei de fluaj, înlocuindu-se tronsoanele de țeavă a căror deformație remanentă a atins valoarea de 1% sau a căror viteză de fluaj este mai mare ca 1×10^{-5}%/oră.

— Este necesar să se preleve tronsoane de țeavă din fiecare traseu al conductelor de abur viu, care vor fi destinate efectuării analizelor și încercărilor corespunzătoare cerute de instrucțiunea ISCIR C 29—75, în vederea stabilirii stării actuale a materialului conductelor și posibilității de utilizare în continuare a acestora în condiții de siguranță.

O mărime utilizabilă la identificarea inerției termice a instalațiilor complexe

dr. ing. **Ioan Munteanu**
— ICEMENERG —

O categorie importantă de instalații tehnologice prezintă, în cazul apariției unei perturbații în funcționare, o variație aperiodică a parametrilor care caracterizează procesul. De la starea staționară anterioară perturbației la noua stare staționară care urmează, un parametru caracteristic crește sau scade continuu după o anumită alură proprie instalației și tinde asimptotic la valoarea finală. O astfel de comportare este specifică unor categorii de procese ca cele termice, chimice etc.

Referindu-ne la o instalație simplă, fără ramificații (fig. 1), dacă se notează cu x_i mărimea de intrare (perturbația procesului menționat mai sus), iar cu x_e mărimea de ieșire (parametrul caracteristic menționat mai sus), la o variație în treaptă a mărimii de intrare (fig. 2 *a*) corespunde o curbă de variație a mărimii de ieșire (fig. 2 *b*) care tinde asimptotic către noua valoare stabilizată a mărimii de ieșire $x_{e\infty}$.

În cazul unei instalații fără inerție termică, mărimea de ieșire x_e realizează o variație în treaptă, analoagă cu variația x_i. Prezența inerției termice duce la atingerea cu întîrziere a mărimii de ieșire finale $x_{e\infty}$, întîrziere cu atît mai mare cu cît inerția termică este mai mare.

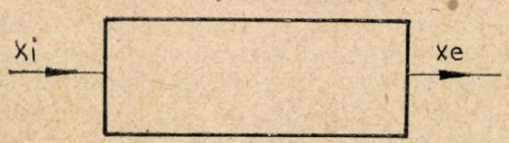


Fig. 1

Rezultă că aria hașurată cuprinsă între curba x_e și asimptota $x_{e\infty}$ reprezintă o măsură a inerției termice a procesului.

Notăm

$$\frac{x_{e\infty}}{x_i} = c \qquad (1)$$

raportul între valorile staționare la sfîrșitul procesului tranzitoriu între mărimea de ieșire și mărimea de intrare, deci

$$x_{e\infty} = cx_i.$$

Aria hașurată din figura 2 *b* se exprimă prin integrala $\int_0^\infty (x_{e\infty} - x_e)\,dt$ și pentru fiecare caz poate fi construit un dreptunghi de arie echivalentă cu aceasta (fig. 2 *c*) avînd ca înălțime mărimea $x_{e\infty}$.

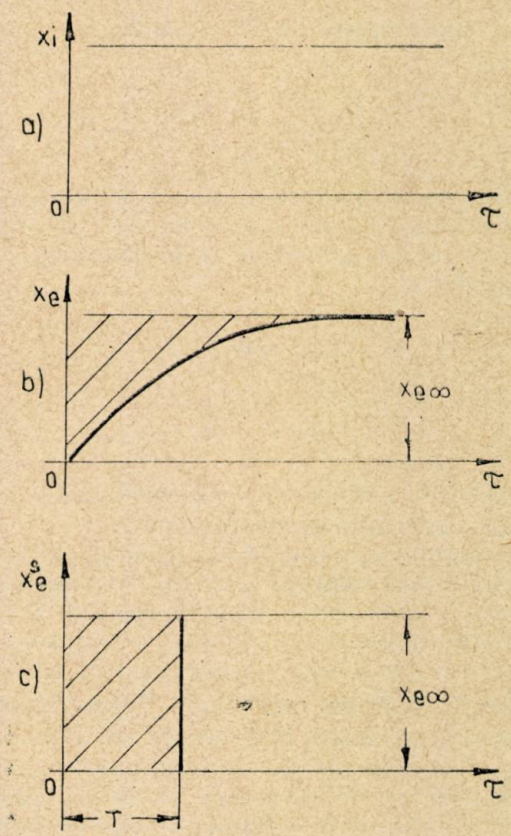


Fig. 2

Lungimea bazei dreptunghiului va fi $\frac{1}{x_{e\infty}} \int_0^\infty (x_{e\infty} - x_e)\,dt$ și are dimensiunea unui timp. Această mărime poate să reprezinte, sub

formă simplificată, constanta de timp a procesului :

$$T = \frac{1}{x_{e\infty}} \int_0^\infty (x_{e\infty} - x_e)\, dt, \qquad (2)$$

echivalînd procesul aperiodic cu un proces de întîrziere pură. Reprezentarea sub această formă a constantei de timp nu ține seama de alura curbei, fapt care face ca aceeași constantă de timp să corespundă la o întreagă familie de procese aperiodice. Simplificarea introdusă nu prinde aspectul calitativ al procesului, dar îl reprezintă cantitativ și sub această prezentare are utilizări practice.

Sub formă simplificată, mărimea de ieșire x_e, scrisă x_e^s, poate fi luată egală cu $x_{e\infty}$, după timpul de întîrziere T, sau folosind o formă de scriere prescurtată $x_e^s = x_{e\infty} \mid \underline{T}$.

Luînd raportul între mărimea de ieșire și mărimea de intrare, se obține pe această cale

$$Z = \frac{x_e^s}{x_i} = \frac{x_{e\infty}}{x_i} \mid \underline{T},$$

iar în conformitate cu [1] rezultă

$$Z = \frac{x_e^s}{x_i} = c \mid \underline{T} \qquad (3)$$

Conform teoriei reglării automate a proceselor, raportul între transformatele Laplace ale mărimilor de ieșire și intrare reprezintă funcția de transfer :

$$\frac{X_e}{X_i} = W, \qquad (4)$$

unde

$$X_e = L(X_e); \quad X_i = L(x_i).$$

Comparînd (3) cu (4), mărimea $c \mid \underline{T}$ este analoagă unei funcții de transfer.

Din figura 3 se observă că, pornind de la x_i (fig. 3 *a*) se poate ajunge la x_e^s (fig. 3 *b*), printr-o translație a axei ordonatelor cu timpul T și o amplificare a scării ordonatelor în raportul c, unde T și c sînt funcție de specificul instalației.

În aceste condiții, mărimea $c \mid \underline{T}$ din (3), prin analogie cu (4), poate fi denumită de asemenea funcție. Din cele arătate rezultă că se poate denumi funcție de translație și că ea constă din coeficientul de proporționalitate c și timpul de întîrziere T.

2. Proprietățile funcției de translație

Din felul cum a fost definită această mărime se obțin unele proprietăți specifice, și anume :

2.1. *Elementele funcției de translație* pot fi deduse direct din caracteristicile statice ale instalației, fără a face apel la ecuația diferențială de descriere a procesului tranzitoriu și la transformarea Laplace a acesteia, așa cum se procedează cu funcția de transfer, fapt ce reprezintă o simplificare considerabilă.

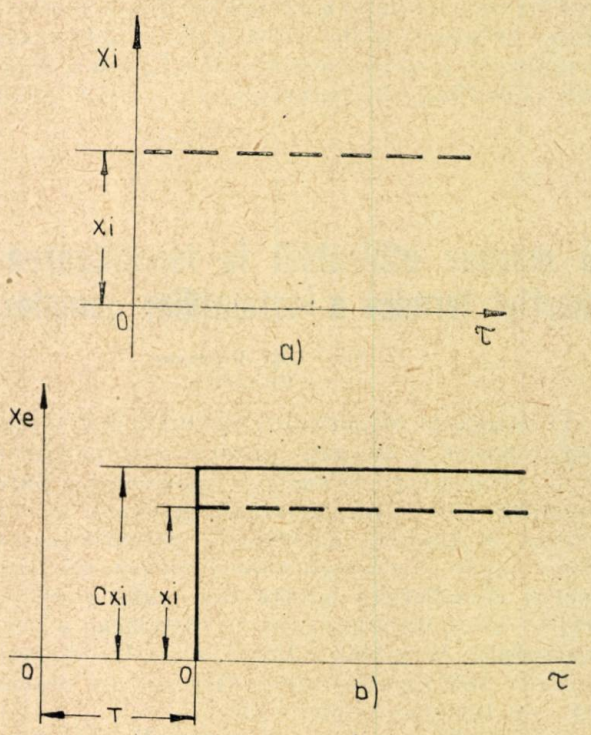


Fig. 3

Într-adevăr, din (1) coeficientul de proporționalitate rezultă din valorile finale (caracteristica statică) ale mărimilor de intrare și ieșire :

$$c = \lim_{\tau \to \infty} \frac{x_e}{x_i} = \frac{x_{e\infty}}{x_i}.$$

Referitor la timpul de întîrziere T, pentru fixarea noțiunilor considerăm un caz în care x_i, x_e reprezintă variațiile debitelor masice și un alt caz, în care x_i, x_e reprezintă variațiile fluxurilor de căldură.

În primul caz, x_i, x_e fiind variații ale debitelor masice, după stabilizarea regimului tranzitoriu este evident că unei creșteri de debit la intrare x_i îi corespunde aceeași creștere a debitului la ieșire $x_{e\infty}$, respectiv

$$x_i = x_{e\infty} \qquad (5)$$

În cuprinsul regimului tranzitoriu $x_e < x_{e\infty}$, iar diferența $x_i - x_e = x_{e\infty} - x_e$ se acumulează în instalație sub formă de masă, astfel încît

$$\int_0^\infty (x_{e\infty} - x_e)\, dt = m \qquad (6)$$

reprezintă masa suplimentară de fluid acumulată.

Dacă

$$\dot{m} = x_i \tag{7}$$

reprezintă creșterea debitului la intrare, masa acumulată m poate fi obținută din relația simplificată :

$$m = \dot{m}\tau, \tag{8}$$

unde, în conformitate cu (6), (7) și (8), timpul τ

$$\tau = \frac{m}{\dot{m}} = \frac{1}{x_i}\int_0^\infty (x_{e\infty} - x_e)\,dt = T$$

este tocmai timpul de întîrziere definit mai sus, ceea ce înseamnă că timpul de întîrziere T se poate obține prin raportarea masei de fluid acumulată suplimentar în instalație ca urmare a creșterii debitului la intrare, și însăși creșterea debitului la intrare.

Al doilea caz intervine dacă se înlocuiește masa fluidului cu cantitatea de căldură, iar debitul masic cu fluxul de căldură. Relațiile (6), (7) și (8) devin :

$$\int_0^\infty (x_{e\infty} - x_e)\,dt = Q \tag{6'}$$

$$\dot{Q} = x_i \tag{7'}$$

$$Q = \dot{Q}\cdot\tau \tag{8'}$$

egalitatea $x_i = x_{e\infty}$ fiind adevărată, întrucît o creștere a fluxului de căldură la intrare în instalație se regăsește în mărime egală la ieșire, după perioada regimului tranzitoriu. În mod analog cu cazul anterior, se poate formula că timpul de întîrziere T rezultă ca raport între cantitatea de căldură acumulată suplimentar în instalație, ca urmare a creșterii fluxului de căldură la intrare, și valoarea acestei creșteri a fluxului de căldură. Pentru simplificare, în cele ce urmează se consideră că variabilele x_i, x_e sînt fluxuri de căldură, concluziile rămînînd aceleași și pentru alte semnificații ale mărimilor.

2.2. *Compunerea funcțiilor de întîrziere.* La instalațiile complexe intervine legarea în serie sau în paralel a funcțiilor de întîrziere (fig. 4).

În ambele cazuri se poate scrie

$$Z_1 = c_1\underline{|T_1}, \quad Z_2 = c_2\underline{|T_2}, \quad Z = c\underline{|T}$$

— Legătura în serie (fig. 4)

$$Z = \frac{x_e^s}{x_i} = \frac{x_e^s}{x_{i2}}\cdot\frac{x_{e1}^s}{x_i} = Z_1 Z_2$$

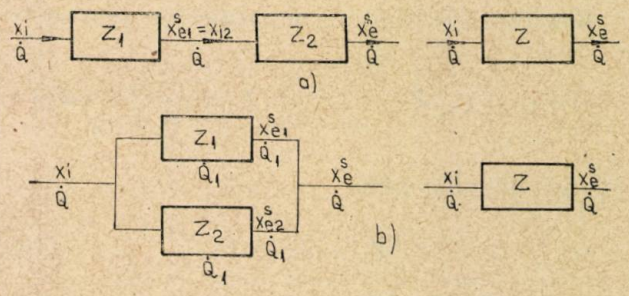


Fig. 4

Referitor la coeficientul de proporționalitate, în regimul stabilizat ulterior perturbației, este valabilă relația :

$$c = \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_e}{x_i} = \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_e}{x_{i2}}\lim_{\tau\to\infty}\frac{x_{e1}}{x_i} = c_1 c_2,$$

în baza egalității $x_{i2} = \lim\limits_{\tau\to\infty} x_{e1} = x_{e1}^s$

Cît privește timpul de întîrziere, rezultă

$$T = \frac{Q}{\dot{Q}} = \frac{Q_1 + Q_2}{\dot{Q}} = \frac{Q_1}{\dot{Q}} + \frac{Q_2}{\dot{Q}} = T_1 + T_2$$

Se obține că la legătura în serie pe de o parte

$$Z_1 Z_2 = Z, \tag{9}$$

iar pe de altă parte

$$c = c_1 c_2, \quad T = T_1 + T_2, \tag{9'}$$

care comparate dau

$$c_1\underline{|T_1}\cdot c_2\underline{|T_2} = c_1 c_2\underline{|T_1 + T_2}$$

— Legătura în paralel (fig. 4 *b*) :

$$Z = \frac{x_e^s}{x_i} = \frac{x_{e1}^s + x_{e2}^s}{x_i} = \frac{x_{e1}^s}{x_i} + \frac{x_{e2}^s}{x_i} = Z_1 + Z_2$$

Coeficientul de proporționalitate se deduce din aceeași relație, cu mențiunea că este vorba de regimul stabilizat de după perturbație

$$c = \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_e}{x_i} = \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_{e1}}{x_i} + \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_{e2}}{x_i} = c_1 + c_2$$

Pentru timpul de întîrziere se poate scrie

$$T = \frac{Q}{\dot{Q}} = \frac{Q_1 + Q_2}{\dot{Q}} = \frac{Q_1}{\dot{Q}_1}\cdot\frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}} + \frac{Q_2}{\dot{Q}_2}\cdot\frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}} =$$

$$= \frac{\dot{Q}_1}{\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2}\cdot\frac{Q_1}{\dot{Q}_1} + \frac{\dot{Q}_2}{\dot{Q}_1 + \dot{Q}_2}\cdot\frac{Q_2}{\dot{Q}_2} =$$

$$= \frac{c_1}{c_1 + c_2}T_1 + \frac{c_2}{c_1 + c_2}T_2\cdot$$

Rezultă că la legătura în paralel pe de o parte

$$c=c_1+c_2;\quad T=\frac{c_1}{c_1+c_2}T_1+\frac{c_2}{c_1+c_2}T_2,$$

iar pe de altă parte

$$Z_1+Z_2=Z \tag{10}$$

care comparate dau

$$c_1|\underline{T_1}+c_2|\underline{T_2}=(c_1+c_2)\left|\underline{\frac{c_1}{c_1+c_2}T_1+\frac{c_2}{c_1+c_2}T_2}\right. \tag{10'}$$

Relaţiile (8) şi (10) definesc două operaţii interne, înmulţirea şi adunarea, în mulţimea formată din totalitatea funcţiilor de translaţie.

Pentru a se putea opera în mod curent cu elementele mulţimii, este necesar ca acestea să formeze o structură algebrică în raport cu operaţiile definite.

Se observă că sînt satisfăcute proprietăţile unei structuri algebrice de inel

— asociativitatea înmulţirii

$$(Z_1\cdot Z_2)Z_3=Z_1(Z_2Z_3)$$

$$(Z_1\cdot Z_2)Z_3=(c_1|\underline{T_1}\cdot c_2|\underline{T_2})\,c_3|\underline{T_3}=$$

$$=c_1c_2|\underline{T_1+T_2}\cdot c_3|\underline{T_3}=c_1c_2c_3|\underline{T_1+T_2+T_3}=$$

$$=c_1|\underline{T_1}\cdot c_2c_3|\underline{T_2+T_3}=Z_1(Z_2Z_3)$$

— comutativitatea înmulţirii

$$Z_1Z_2=c_1|\underline{T_1}\cdot c_2|\underline{T_2}=c_1c_2|\underline{T_1+T_2}=$$

$$=c_2c_1|\underline{T_2+T_1}=c_2|\underline{T_2}\cdot c_1|\underline{T_1}=Z_2Z_1$$

— existenţa elementului neutru faţă de înmulţire

$$Z\cdot Z_E=Z\quad\text{cu}\quad Z_E=c_E|\underline{T_E}$$

$$c|\underline{T}\cdot c_E|\underline{T}=c|\underline{T}$$

$$c\cdot c_E|\underline{T+T_E}=c|\underline{T},\ \text{de unde}$$

$$c\cdot c_E=c\Rightarrow c_E=1;\qquad T+T_E=T\Rightarrow T_E=0$$

Astfel, elementul neutru faţă de înmulţire este

$$Z_E=1|\underline{0}$$

— asociativitatea adunării

$$(Z_1+Z_2)+Z_3=Z_1+(Z_2+Z_3)$$

$$(Z_1+Z_2)+Z_3=(c_1|\underline{T_1}+c_2|\underline{T_2})+c_3|\underline{T_3}$$

$$=(c_1+c_2)\left|\underline{\frac{c_1}{c_1+c_2}T_1+\frac{c_2}{c_1+c_2}T_2}\right.+c_3|\underline{T_3}$$

$$=(c_1+c_2+c_3)\cdot$$

$$\cdot\left|\underline{\frac{c_1+c_2}{c_1+c_2+c_3}\left(\frac{c_1}{c_1+c_2}T_1+\frac{c_2}{c_1+c_2}T_2\right)+\frac{c_3}{c_1+c_2+c_3}T_3}\right.$$

$$=(c_1+c_2+c_3)\cdot$$

$$\cdot\left|\underline{\frac{c_1}{c_1+c_2+c_3}T_1+\frac{c_2}{c_1+c_2+c_3}T_2+\frac{c_3}{c_1+c_2+c_3}T_3}\right.$$

$$=(c_1+c_2+c_3)\cdot$$

$$\cdot\left|\underline{\frac{c_1}{c_1+c_2+c_3}T_1+\frac{c_2+c_3}{c_1+c_2+c_3}\left(\frac{c_2}{c_2+c_3}T_2+\frac{c_3}{c_2+c_3}T_3\right)}\right.$$

$$=c_1|\underline{T_1}+(c_2+c_3)\left|\underline{\frac{c_2}{c_2+c_3}T_2+\frac{c_3}{c_2+c_3}T_3}\right.$$

$$=c_1|\underline{T_1}+(c_2|\underline{T_2}+c_3|\underline{T_3})=Z_1+(Z_2+Z_3)$$

— comutativitatea adunării

$$Z_1+Z_2=Z_2+Z_1$$

$$Z_1+Z_2=c_1|\underline{T_1}+c_2|\underline{T_2}=$$

$$=(c_1+c_2)\left|\underline{\frac{c_1}{c_1+c_2}T_1+\frac{c_2}{c_1+c_2}T_2}\right.$$

$$=(c_2+c_1)\left|\underline{\frac{c_2}{c_2+c_1}T_2+\frac{c_1}{c_2+c_1}T_1}\right.=c_2|\underline{T_2}+c_1|\underline{T_1}$$

$$=Z_2+Z_1$$

— existenţa elementului neutru faţă de adunare

$$Z+Z_E=Z\quad\text{cu}\quad Z_E=c_E|\underline{T_E}$$

$$c|\underline{T}+c_E|\underline{T_E}=c|\underline{T}$$

$$(c+c_E)\left|\underline{\frac{c}{c+c_E}T+\frac{c_E}{c+c_E}T_E}\right.=c|\underline{T}\Rightarrow$$

$$\begin{cases}c+c_E=c;\ \dfrac{c}{c+c_E}T=T\Rightarrow c_E=0\\[2ex]\dfrac{c_E}{c+c_E}T_E=0\quad\text{cu}\quad c_E=0\Rightarrow T_E\ \text{arbitrar}\end{cases}$$

Pentru simplificarea calculelor alegem $T_E = 0$; astfel, elementul neutru față de adunare este :

$$Z_E = 0|\underline{0}$$

— distributivitatea înmulțirii față de adunare

$$Z_1(Z_2 + Z_3) = Z_1Z_2 + Z_1Z_3$$

$$Z_1(Z_2 + Z_3) = c_1|\underline{T_1}(c_2|\underline{T_2} + c_3|\underline{T_3})$$

$$= c_1|\underline{T_1}(c_2 + c_3)\left|\underline{\frac{c_2}{c_2+c_3}T_2 + \frac{c_3}{c_2+c_3}T_3}\right.$$

$$= c_1(c_2 + c_3)\left|\underline{T_1 + \frac{c_2}{c_2+c_3}T_2 + \frac{c_3}{c_2+c_3}T_3}\right.$$

$$= (c_1c_2 + c_1c_3)\left|\underline{\frac{c_2+c_3}{c_2+c_3}T_1 + \frac{c_2}{c_2+c_3}T_2 + \frac{c_3}{c_2+c_3}T_3}\right.$$

$$= (c_1c_2 + c_1c_3)\cdot$$

$$\cdot\left|\underline{\frac{c_1c_2 + c_1c_3}{c_1c_2 + c_1c_3}T_1 + \frac{c_1c_2}{c_1c_2 + c_1c_3}T_2 + \frac{c_1c_3}{c_1c_2 + c_1c_3}T_3}\right.$$

$$= (c_1c_2 + c_1c_3)\cdot$$

$$\cdot\left|\underline{\frac{c_1c_2}{c_1c_2 + c_1c_3}(T_1 + T_2) + \frac{c_1c_3}{c_1c_2 + c_1c_3}(T_1 + T_3)}\right.$$

$$= c_1c_2|\underline{T_1 + T_2} + c_1c_3|\underline{T_1 + T_3} = Z_1Z_2 + Z_1Z_3$$

Nu au fost menționate elementele simetrice față de înmulțire și față de adunare întrucît nu au aplicație practică, micșorarea timpului de întîrziere, care are totdeauna același semn pozitiv, nefiind practic posibilă.

3. Exemple de stabilire a funcțiilor de translație

În domeniul instalațiilor termice, procesele nestaționare aperiodice apar ca urmare a inerției termice la variații de debit sau de fluxuri de căldură care duc la acumulări de masă sau de căldură în elementele componente.

Limitîndu-ne doar la variația fluxurilor de căldură, considerăm două elemente distincte : un element de cazan (tronson, colector) neîncălzit și în continuare un element de cazan încălzit (supraîncălzitor, economizor etc.).

Referindu-ne la o conductă de abur sau apă neîncălzită care face legătura între două elemente de supraîncălzitor sau de economizor, inerția termică a acestora se pune în evidență ca urmare a perturbației temperaturii la intrare sau a debitului de fluid. Luînd în considerare numai perturbația temperaturii la intrare, se determină funcția de translație pentru acest caz :

$$Z = c|\underline{T}$$

În regim stabilizat, o creștere cu Δt a temperaturii fluidului la intrare în elementul neîncălzit, de lungime L, se regăsește pe întreaga lungime a tronsonluui (fig. 5).

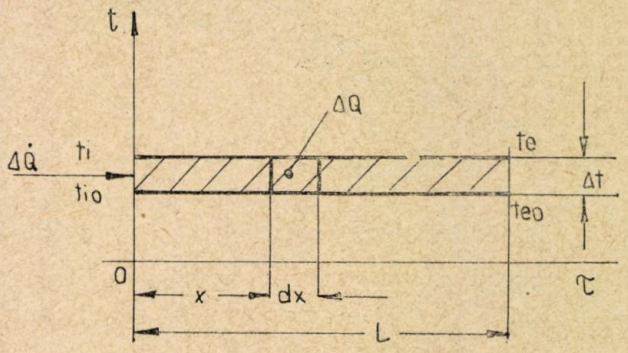


Fig. 5

În aceste condiții, coeficientul de proporționalitate rezultă :

$$c = \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_e}{x_i} = \lim_{\tau\to\infty}\frac{\Delta\dot{Q}_e}{\Delta\dot{Q}_i} = \frac{\dot{m}c_p\,\Delta t}{\dot{m}c_p\,\Delta t} = 1, \quad (11)$$

întrucît

$$\Delta\dot{Q}_e = \Delta\dot{Q}_i = \Delta\dot{Q} = \dot{m}c_p\Delta t = A_F\rho_F w c_p\,\Delta t$$

Expresia timpului de întîrziere elementar este

$$\mathrm{d}T = \frac{\Delta Q}{\Delta\dot{Q}} = \frac{(A_F\mathrm{d}x\,\rho_F c_p + A_z\mathrm{d}x\,\rho_z c_z)\,\Delta t}{A_E\rho_F w c_p\,\Delta t} =$$

$$= \frac{A_F\rho_F c_p + A_z\rho_z c_z}{A_F\rho_F c_p w},$$

cu care timpul de întîrziere este :

$$T = \int_0^L \mathrm{d}T = \frac{L}{w}\left(1 + \frac{A_z\rho_z c_z}{A_F\rho_F c_F}\right) \quad (12)$$

Dacă ne referim în continuare la un element de cazan încălzit, cu parametri distribuiți și faza unică (abur sau apă), temperatura fluidului la ieșire poate fi perturbată de trei cauze : temperatura fluidului la intrare, debitul de combustibil sau debitul fluiduli.

Considerînd o creștere relativă $\varphi_B = \frac{\Delta B}{B}$, are ca efect o creștere a temperaturii la ieșire cu Δt_e.

În aceste condiții, la intrare nu apare nici o variație de temperatură. Presupunem o repartiție liniară a creșterii de temperatură (fig. 6).

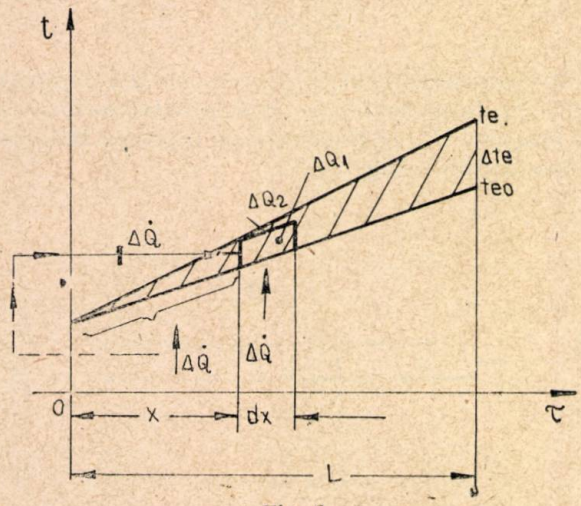


Fig. 6

La distanța x de punctul inițial, creșterea de temperatură este $\frac{x}{L}\Delta t_e$.

Mărimea de ieșire este Δt_e, iar mărimea de intrare φ_B. Coeficientul de proporționalitate c rezultă din relația statică de bilanț de căldură, în sensul că o cotă-parte KB ($K < 1$) din debitul de combustibil B se repartizează pe elementul de supraîncălzitor considerat.

$$KBH_i\,\eta_C = \dot{m}_F c_p\,(t_e - t_i)$$

După logaritmare și diferențiere, scriind rezultatul sub formă de creșteri finite, rezultă:

$$\frac{\Delta B}{B_0} = \frac{\Delta t_e}{t_{e0} - t_{i0}}\;; \quad \Delta t_e = (t_{e0} - t_{i0})\,\varphi_B,$$

în care

$$c = \lim_{\tau\to\infty}\frac{x_e}{x_i} = \frac{\Delta t_e}{\varphi_B} = t_{e0} - t_{i0}$$

Cît privește timpul de întîrziere, sub formă elementară, are expresia:

$$\mathrm{d}T = \frac{\Delta Q}{\Delta\dot{Q}},$$

unde $\Delta\dot{Q}$ reprezintă variația fluxului de căldură elementar cedat de gazele de ardere elementului încălzit de lungime $\mathrm{d}x$ prin convecție.

$$\Delta\dot{Q} = \alpha\pi D\,\mathrm{d}x\,\Delta t_e = \dot{m}_F c_p\,\Delta t_e\,\frac{\mathrm{d}x}{L} =$$

$$= A_F\rho_F\,wc_p\,\Delta t_e\,\frac{\mathrm{d}x}{L}$$

variația fluxului pe întreaga lungime a elementului fiind:

$$\dot{Q} = \alpha\pi DL\Delta t_e = \dot{m}_F c_p\Delta t_e = A_F\rho_F wc_p\,\Delta t_e$$

s-a presupus că variația temperaturii la ieșire, Δt_e, se regăsește și la gradientul de temperatură între gaze și metal, la transmiterea de căldură prin convecție.

În continuare, ΔQ reprezintă acumularea de căldură pe porțiunea $\mathrm{d}x$ ca urmare și a influenței întregii porțiuni x din amonte

$$\Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2,$$

unde

$$\Delta Q_1 = \frac{1}{2}A_z\,\mathrm{d}x\rho_F\,c_z\,\Delta t_e\frac{\mathrm{d}x}{L}$$

corespunde perturbației debitului de combustibil pe porțiunea de lungime $\mathrm{d}x$, iar

$$\Delta Q_2 = (A_F\,\mathrm{d}x\rho_F c_p + A_z\,\mathrm{d}x\rho_z c_z)\,\frac{x}{L}\,\Delta t_e\frac{dx}{L}$$

perturbației temperaturii la intrare în elementul de lungime $\mathrm{d}x$, ca urmare a efectului variației debitului de combustibil pe lungimea din amonte.

Ca urmare:

$$\mathrm{d}T = \frac{\Delta Q_1 + \Delta Q_2}{\Delta\dot{Q}} = \frac{1}{2}\,\frac{A_z\rho_z c_z}{\pi D\alpha}\,\frac{\mathrm{d}x}{L} +$$

$$+\frac{1}{w}\left(1 + \frac{A_z\rho_z c_z}{A_F\rho_F c_p}\right)\frac{x}{L}\,\mathrm{d}x$$

$$T = \int_0^L \mathrm{d}T = \frac{1}{2}\,\frac{A_z\rho_z c_z}{\pi D\alpha} + \frac{L}{2w}\left(1 + \frac{\dfrac{A_z\rho_z c_z}{\pi D\alpha}}{\dfrac{A_F\rho_F c_p}{\pi D\alpha}}\right)$$

Dacă se notează

$T_L = \dfrac{L}{w}$ — timpul de parcurgere de către fluidul cu viteza w a lungimii L; (13)

$T_z = \dfrac{A_z\rho_z c_z}{\pi D\alpha}$ — constanta de timp aferentă metalului conductei; (14)

$T_F = \dfrac{A_F\rho_F c_p}{\pi D\alpha}$ — constanta de timp aferentă fluidului de lucru, (15)

rezultă funcțiile de translație.

— Pentru un element neîncălzit, cu parametri distribuiți, la perturbația temperaturii la intrare (din 11, 12, 13, 14, 15):

$$Z_\zeta = \frac{\Delta t_e}{\Delta t_i} = c_\zeta\,|\,T_\zeta = 1\;\underline{\Big|\,T_L\left(1 + \frac{T_z}{T_F}\right)} \quad (16)$$

— Pentru un element încălzit, cu parametri distribuiți, la perturbația debitului de combustibil :

$$Z_\psi = \frac{\Delta t_e}{\varphi_B} = c_\psi \left| \underline{T_\psi} = \right.$$

$$= (t_{e0} - t_{i0}) \left| \underline{\frac{1}{2} T_z + \frac{1}{2} T_L \left(1 + \frac{T_z}{T_F}\right)}, \right. \quad (17)$$

expresii relativ simple față de complexitatea proceselor pe care le reprezintă.

4. Aplicații ale metodei utilizate și concluzii

Funcțiile de translație permit explicitarea factorilor de care depinde inerția termică în procesele nestaționare aperiodice.

Pentru exemplificare să considerăm o instalație de supraîncălzire la cazan, formată din două elemente de supraîncălzitor înseriate prin intermediul unei conducte de legătură, care formează elementul neîncălzit (fig. 7).

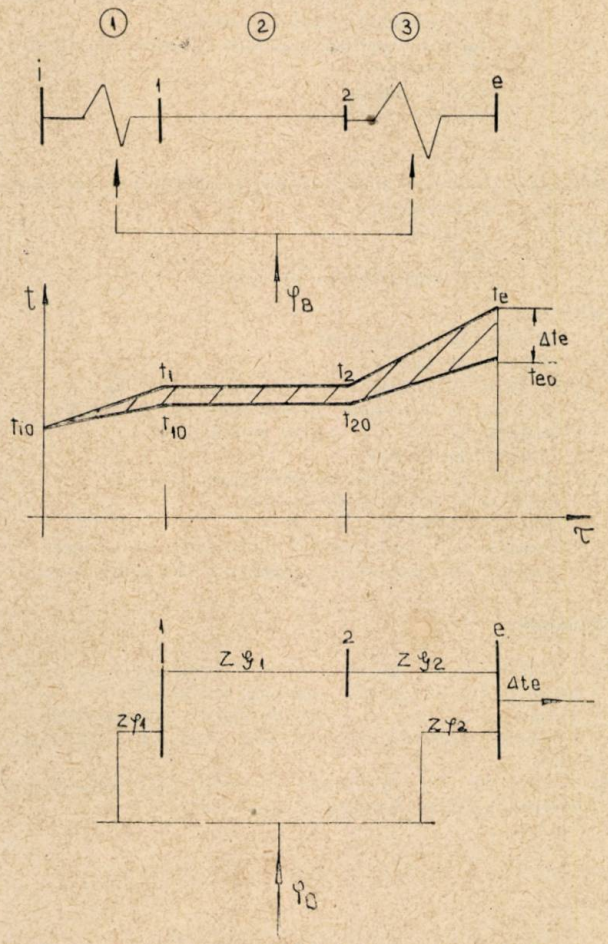


Fig. 7

Se pune problema să se expliciteze factorii de care depinde inerția termică a creșterii temperaturii la ieșire din supraîncălzitor la o variație (creștere) în treaptă a debitului de combustibil.

Schema instalației se prezintă în figura 7. Se observă că elementele de supraîncălzitor $i-1$ și $2-e$ sînt elemente cu parametri distribuiți încălzite, iar $1-2$ un element cu parametri distribuiți neîncălzit.

Funcțiile de translație corespunzătoare sînt, în conformitate cu (16) și (17) :

$$Z_{\psi 1} = (t_{m0} - t_{i0}) \left| \underline{\frac{1}{2} T_{z1} + \frac{1}{2} T_{L1} \left(1 + \frac{T_{z1}}{T_{F1}}\right)} \right.$$

$$Z_{\psi 2} = (t_{e0} - t_{m0}) \left| \underline{\frac{1}{2} T_{z3} + \frac{1}{2} T_{L3} \left(1 + \frac{T_{z3}}{T_{F3}}\right)} \right.$$

$$Z_{\zeta 1} = 1 \left| \underline{T_{L2} \left(1 + \frac{T_{z2}}{T_{F2}}\right)} \right.$$

$$Z_{\zeta 2} = 1 \left| \underline{T_{L3} \left(1 + \frac{T_{z3}}{T_{F3}}\right)} \right.$$

S-a notat $t_1 = t_2 = t_m$ și $t_{10} = t_{20} = t_{m0}$ temperaturile în regiunea mijlocie neîncălzită.

Funcția de translație rezultantă, în conformitate cu regulile [9] și [10] de legarea în serie sau în paralel a componentelor, este :

$$Z = Z_{\psi 1} \cdot Z_{\zeta 2} Z_{\zeta 3} + Z_{\psi 3}$$

$$= (t_{m0} - t_{i0}) \left| \underline{\frac{1}{2} T_{z1} + \frac{1}{2} T_{L1} \left(1 + \frac{T_{z1}}{T_{F1}}\right)} \right.$$

$$\underline{+ T_{L2} \left(1 + \frac{T_{z2}}{T_{F2}}\right) + T_{L3} \left(1 + \frac{T_{z3}}{T_{F3}}\right)}$$

$$+ (t_{e0} - t_{m0}) \left| \underline{\frac{1}{2} T_{z3} + \frac{1}{2} T_{L3} \left(1 + \frac{T_{z3}}{T_{F3}}\right)} \right.$$

$$= (t_{e0} - t_{i0}) \left| \underline{\frac{1}{2} \cdot \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{e0} - t_{i0}} T_{z1} + \frac{1}{2} \cdot \frac{t_{e0} - t_{m0}}{t_{e0} - t_{i0}} T_{z2} + } \right.$$

$$\underline{+ \frac{1}{2} \cdot \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{e0} - t_{i0}} T_{L1} \left(1 + \frac{T_{z1}}{T_{F1}}\right)}$$

$$\underline{+ \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{e0} - t_{i0}} T_{L2} \left(1 + \frac{T_{z2}}{T_{F2}}\right) +}$$

$$\underline{+ \frac{1}{2} \cdot \frac{t_{e0} + t_{m0} - 2 t_{i0}}{t_{e0} - t_{i0}} T_{L3} \left(1 + \frac{T_{z3}}{T_{F3}}\right)}$$

Presupunînd $w_1 = w_2 = w_3$, iar T_z și T_F neschimbate în cele trei secțiuni, se obține pentru timpul de întîrziere expresia simplificată:

$$T = \frac{1}{2} T_z + \frac{1}{2w}\left(1 + \frac{T_z}{T_F}\right) \cdot$$

$$\cdot \frac{(t_{m0} - t_{i0})L_1 + 2(t_{m0} - t_{i0})L_2 + (t_{e0} + t_{m0} - 2t_{i0})L_3}{t_{e0} - t_{i0}},$$

în care, dacă se înlocuiește

$$w = \frac{\dot{m}_F}{A_F \rho_F}, \text{ iar } T_z \text{ și } T_F \text{ cu}$$

expresiile (14) și (15), rezultă sub forma

$$T = \frac{1}{2} \frac{A_z \rho_z c_z}{\pi D \alpha} + \frac{1}{2} \cdot \frac{A_F \rho_F}{\dot{m}_F}\left(1 + \frac{A_z \rho_z c_z}{A_F \rho_F c_p}\right) \cdot$$

$$\cdot \frac{(t_{m0} - t_{i0})L_1 + 2(t_{m0} - t_{i0})L_2 + (t_{e0} + t_{m0} - 2t_{i0})L_3}{t_{e0} - t_{i0}}.$$

În felul acesta pot fi puși în evidență factorii de care depinde inerția termică în schema considerată.

De exemplu, rezultă de mai sus că pentru fiecare metru de lungime a conductei neîncălzite dintre cele două elemente de supraîncălzitor, inerția termică a variației temperaturii aburului la ieșire crește prin mărirea timpului de întîrziere cu

$$\frac{\partial T}{\partial L_2} = \frac{A_F \rho_F c_p + A_z \rho_z c_z}{\dot{m}_F c_p} \cdot \frac{t_{m0} - t_{i0}}{t_{e0} - t_{i0}} \quad [\text{s/m}],$$

factor util în aplicații care, dacă poate fi intuit, nu rezultă direct sub forma cantitativă de mai sus, prin metodele uzual folosite în tehnica reglării automate. Utilitatea metodei iese în evidență la instalațiile complexe. Simplitatea algoritmului de calcul ce rezultă din relațiile (9) și (10), de legare în serie și în paralel a elementelor componente ale instalației, face posibilă aplicarea acestei metode la instalații de complexitate practic oricît de mare. Metoda are aplicații la proiectare prin predeterminare pe cale analitică a proprietăților dinamice ale instalațiilor, la alegerea și predeterminarea acordării regulatoarelor automate ale proceselor, dar și în exploatare, la analiza și compararea între ele a unor regimuri de funcționare, precum și la realizarea unor metode analogice de simulare, pentru instruirea personalului de exploatare.

Metoda utilizată, deși se bazează pe fenomene descrise de ecuații diferențiale și cu derivate parțiale, nu face apel la matematicile superioare, folosind operațiile algebrice fundamentale simple, fiind astfel accesibilă aplicării în mod curent în practică.

Notații

A [m²] — aria
B [kg/s] — debitul de combustibil
D [m] — diametrul
H_i[kJ/kg] — puterea calorifică inferioară a combustibilului
L[m] — lungimea
Q[kJ] — cantitatea de căldură
$\dot{Q}$ [kJ/s] — fluxul de căldură
T[s] — constanta de timp, timp de întîrziere
W — funcție de transfer
Z — funcție de întîrziere
c — coeficient de proporționalitate, capacitate calorică specifică (căldură specifică)
K — coeficient pentru desemnarea unei cote-părți dintr-o mărime
$\dot{m}$[kg/s] — debitul masic
x[m] — lungime variabilă
w[m/s] — viteză
Δ — creștere finită
α[kJ/m²s] — coeficient de transmitere a căldurii prin convecție
η — randamentul
ρ [kg/m³] — densitate
τ[s] — timp
φ — creșterea relativă de debit

Indici

B — referitor la combustibil
C — referitor la cazan
F — referitor la fluidul de lucru (abur, apă, etc.)
L — referitor la lungimea elementului de instalație
Z — referitor la metalul țevilor, conductelor
i — referitor la intrare
m — referitor la o poziție intermediară, mijlocie
p — referitor la presiune constantă
e — referitor la ieșire
ζ — referitor la perturbația temperaturii la intrare
ψ — referitor la perturbația debitului de combustibil

Bibliografie

[1] Călin, S. și Belea, C. *Sisteme automate adaptative și liniare.* Editura tehnică, București, 1971.
[2] Penescu, C. ș. a. *Identificarea experimentală a proceselor automatizate.* Editura tehnică, București, 1971.
[3] Fox, R. L. *Optimization methods for engineering design.* London Addison Weley, 1971.

Urmărirea, analiza și programarea activității de mers economic în centralele electrice de termoficare

ing. L. Popper
— Întreprinderea Electrocentrale București —

În actuala conjunctură economică pe plan mondial, problema economisirii energiei și a combustibilului a devenit de o importanță vitală. În acest sens, în raportul tovarășului Nicolae Ceaușescu la Conferința Națională a P.C.R. din decembrie 1977 se arată: „În mod deosebit trebuie să acordăm atenție asigurării și gospodăririi rationale a combustibililor și energiei — problemă vita'ă pentru însăși dezvoltarea în continuare a economiei, a întregii noastre societăți".

Pe lîngă procedeele pur tehnice de rezolvare a problemei energetice, trebuie acordată o însemnătate deosebită problemelor organizatorice.

Centralele termoelectrice constituind unul dintre principalii consumatori de combustibil și energie, printr-o rațională organizare a activității în cadrul lor, prin stabilirea unui regim sever de economie, printr-o urmărire și analiză atentă a tuturor fenomenelor și prin programarea judicioasă a activității, se pot obține economii considerabile.

Urmărirea activității de mers economic trebuie să pornească de la organizarea unui sistem de evidență bine pus la punct, care să ofere factorilor de decizie toate elementele necesare. O conducere fundamentată științific trebuie să se axeze pe un sistem informațional modern, care utilizează calculatoare electronice, precum și folosirea instrumentelor de analiză puse la dispoziție de cele mai noi domenii ale matematicii, ciberneticii și informaticii economice.

Un bun sistem de urmărire a activității trebuie să se bazeze numai pe informații efectiv necesare, care să cuprindă date importante, de o precizie corespunzătoare, prezentate într-o formă accesibilă. În acest sens este necesară o activitate de sintetizare a informațiilor prin concentrarea progresivă a datelor și punerea la dispoziția factorilor de decizie a elementelor esențiale pentru evaluarea corectă a activității.

Centrala termoelectrică este un complex de instalații cu componente aproape din toate domeniile tehnicii, în care apar o serie de fenomene care se întrepătrund și se influențează reciproc. În scopul cunoașterii fenomenelor, al desprinderii legăturilor cauzale dintre acestea, apare analiza care este bazată pe descompunerea fenomenelor în părțile lor componente, în elementele sale simple. Cu ajutorul analizei se pot cerceta fenomenele, descoperindu-le structura, se pot verifica fenomenele, se pot stabili relațiile de cauzalitate, factorii care le generează, se pot descoperi legile formării și desfășurării lor și, pe baza acestora, se pot formula deciziile privind activitatea viitoare. Esențialul în analiză îl constituie sesizarea relațiilor funcționale și a relațiilor cauză-efect.

Complexitatea studierii relațiilor cauză-efect, în condițiile analizei fenomenelor ce au loc în cadrul centralelor electrice, este amplificată datorită caracterului deosebit al acestor fenomene. În activitatea practică, o serie întreagă de fenomene esențiale se amestecă cu cele neesențiale sau cu cele întîmplătoare, fiind dificilă sesizarea lor. De asemenea pot să apară, în fenomenul privit în ansamblul lui, anumite însușiri nesesizabile la elementele obținute prin divizarea lui. Aceasta face ca analiza să nu fie suficientă pentru determinarea relației cauză-efect, fiind necesară sinteza, adică reuniunea părților, componentelor elementului studiat într-un tot unitar.

De multe ori complexitatea și intensitatea cauzei pot determina nu numai intensitatea fenomenului efect, ci și calitatea lui.

Nu poate fi minimalizat aspectul că același efect poate fi produs de cauze diferite, descoperirea adevăratei cauze, determinantă, în această situație constituind o problemă foarte dificilă. O serie întreagă de efecte diferite se pot combina dînd o rezultantă a complexului de cauze și efecte, de acțiuni sau forțe.

Aceasta face ca analiza funcționării economice în centralele electrice să devină o problemă deosebit de complexă, în care analiza calitativă trebuie să ocupe locul prioritar.

În analiza activității funcționării economice în centralele electrice trebuie să se îmbine analiza realizărilor (în ceea ce privește activitatea trecută) cu analiza prospectivă (a activității viitoare), astfel încît, prin descoperirea fenomenelor care au avut un rol negativ sau un rol pozitiv în buna desfășurare a activității trecute, să se influențeze activitatea viitoare, conducînd la o bună funcționare a centralei, la obținerea de economii maxime. Analiza previzională presupune determinarea evoluției viitoare a fenomenelor, pe baza cercetării factorilor, a relațiilor de cauzalitate. Analiza previzională constituie un instrument în mîna factorului de decizie în buna desfășurare a activității.

Analiza calitativă urmărește esența fenomenului, însușirile sale esențiale, care sînt de aceeași natură cu fenomenul ce-l determină. În procesul de analiză se trece de la esența mai puțin profundă către alta mai profundă, se trece de la factorii calitativi mai puțin puri către factorii mai puri, are loc, cu alte cuvinte, un proces de purificare. Abordarea sistematică a fenomenelor constituie calea principală de realizare a analizei calitative. Analiza calitativă trebuie completată cu analiza cantitativă, ce presupune determinări cantitative. Cîmpul de

aplicare a metodelor matematice moderne este creat de analiza calitativă.

Analiza trebuie să aibă un caracter dinamic, date fiind schimbările ce au loc în desfășurarea fenomenelor în diferite momente.

Drumul care trebuie parcurs în efectuarea analizei este inversul evoluției reale a fenomenelor. Ea trebuie să pornească de la fenomenul rezultat și să determine fenomenele-cauză și relațiile de cauzalitate.

Etapele pe care le parcurge analiza sînt:

— determinarea obiectului analizei;

— determinarea elementelor, factorilor și a cauzelor fenomenului studiat;

— stabilirea legăturilor dintre fiecare factor și fenomenul analizat, precum și stabilirea legăturilor dintre diferiții factori care acționează;

— sintetizarea și concluzionarea analizei;

— elaborarea măsurilor care constituie conținutul deciziilor menite să contribuie la îmbunătățirea activității viitoare.

Factorii care concură la apariția unui fenomen sînt de natură foarte diversă și nu acționează izolat, ci interdependent, corelat într-un sistem închegat.

În acest sens putem vorbi de factori interni, care sînt în cadrul centralei electrice, și factori externi (cum ar fi influența sistemului energetic național, influența rețelei de termoficare sau a alimentării cu combustibil). Putem vorbi de factori de natură tehnică (buna sau proasta funcționare a unui agregat) sau de natură organizatorică (repartizarea sarcinii electrice sau termice pe grupuri, organizarea manevrelor, stabilirea atribuțiilor personalului). O serie întreagă de factori au acțiune directă în producerea fenomenului studiat, determinarea lor fiind relativ ușoară, pe cînd alți factori au acțiune indirectă, prin intermediul altor factori, descoperirea lor necesitînd parcurgerea unui lanț logic. După posibilitatea de previziune se disting factori previzibili (certi sau determinabili), care acționează în cadrul unor procese controlate fără să implice riscuri și factori imprevizibili, ce acționează necontrolat, ca urmare a unor abateri de la desfășurarea normală a unor procese.

Gruparea factorilor care acționează în centralele electrice va constitui un capitol separat în cadrul altei lucrări.

În cele ce urmează se face o trecere în revistă a cîtorva metode de analiză:

a) Metoda concordanței — este o metodă avînd ca punct de plecare studiul unui fenomen ce a avut loc în situații deosebite, dar în fiecare situație un factor s-a repetat. Acest factor, care a concurat la producerea fenomenului în toate situațiile, devine factor cauzal al fenomenului respectiv.

b) Metoda diferenței — constă în analiza efectului în cazul în care un factor este prezent sau nu în desfășurarea lui. Dacă împrejurările în care apare un factor și împrejurările în care acesta lipsește se aseamănă între ele prin toate condițiile, în afară de una singură, prezentă în primul caz și absentă în al doilea, atunci chiar această împrejurare este cauza sau una din condițiile necesare ale fenomenului dat.

c) Metoda combinată (a concordanței și a diferenței).

d) Metoda variațiilor concomitente — constă în studierea influenței unui fenomen-cauză asupra variației fenomenului-efect.

e) Comparația — constă în punerea față în față a elementelor componente ale unui proces în diferite ipostaze. După modul cum se efectuează, putem vorbi de o comparație în timp, în care analiza se face punînd față în față rezultatele prezente cu rezultatele obținute într-o perioadă sau mai multe perioade precedente. De asemenea se pot face comparații în spațiu ale rezultatelor unei centrale sau ale unei instalații cu rezultatele obținute în aceleași condiții sau în condiții echivalente de o altă centrală sau instalație similară. Un alt mod de comparație, foarte des întîlnit în practică, este comparația față de plan. În cazul în care se iau niște măsuri tehnico-organizatorice, se efectuează comparația între rezultatele obținute înainte de luarea măsurii respective și rezultatele ce se prevăd sau au fost realizate după luarea măsurii respective. La ora actuală, în analiza activității de mers economic în centralele electrice, metoda analizei pe baza comparațiilor este metoda cea mai des utilizată.

f) Metoda substituțiilor în lanț — este o metodă modernă de analiză, bazată pe parcurgerea unui lanț ale cărui capete le constituie fenomenul în împrejurarea inițială și finală. Metoda constă în descompunerea fenomenului în părțile lui componente, stabilirea modelului matematic de legătură între părțile componente și substituirea pe rînd a cîte unui factor inițial cu un factor final, determinîndu-se astfel influența pe care o are în procesul respectiv fiecare factor în parte. În felul acesta se pot determina factorii determinanți care influențează fenomenul respectiv și, pe această bază, direcțiile în care factorul de decizie poate să acționeze pentru îmbunătățirea activității.

Pentru exemplificare se va arăta modul cum poate fi analizată activitatea economică a unei centrale electrice de termoficare în ansamblu. Pentru simplificare se vor lua în considerare numai elementele de ansamblu ce acționează în procesul studiat.

Indicatorul cel mai sintetic, care ne dă o imagine clară asupra funcționării centralei, îl constituie consumul specific de combustibil. Deci în analiză se va lua ca fenomen-efect valoarea consumului specific brut de combustibil, care, de altfel, în actuala perioadă, repre-

zintă un indicator de plan. Acesta devine obiectul analizei.

A doua etapă în desfășurarea analizei este, după cum s-a arătat mai înainte, determinarea factorilor care influențează fenomenul studiat. Considerăm ca factori care au o influență asupra consumului specific :

— producția de energie electrică $[E]$;
— producția de energie termică $[Q]$;
— coeficientul de termoficare $[A]$;
— indicele mediu de termoficare $[Y]$;
— numărul de opriri, respectiv porniri ale grupurilor atît în avarie cît și planificat $[N]$;
— timpul mediu de pornire al unui grup $[H]$;
— consumul mediu de combustibil pe unitatea de timp la pornirea unui grup $[b]$;
— numărul orelor de funcționare mediu al centralei $[n]$; este un factor complex, determinat prin media ponderată a numărului orelor de funcționare a grupurilor. El este un factor corelat cu producția de energie electrică $[E]$, cu numărul de opriri planificate și în avarie și durata opririlor, cu puterea medie a grupurilor. El este influențat atît de factorii interni : duratele de oprire și reducerile accidentale de putere, dar și de factorii externi : necesitățile sistemului energetic național sau ale consumatorilor de energie termică ;
— consumul mediu orar de mers în gol al grupurilor $[Bmg]$;
— factori de natură organizatorică $[\lambda]$.

A treia etapă a analizei o constituie stabilirea legăturilor dintre factori și fenomenul-efect, ce se face prin stabilirea relației matematice dintre elemente :

$$q_{brut} = \frac{1}{E}[QAY(q_{tf} - \operatorname{tg}\alpha) + E\operatorname{tg}\alpha + NHb + nBmg]\frac{1}{\lambda}$$

În relația dată, pentru simplificarea exemplificării $\operatorname{tg}\alpha$ și q_{tf} s-au considerat mărimi constante, în realitatea practică ele fiind factori variabili.

Ca punct de plecare în analiză îl constituie o perioadă de bază a realizării trecute, respectiv a valorii de plan.

În cazul în care analiza se face pentru determinarea planului, perioada de bază o constituie realizările unei perioade precedente, iar fenomenul-efect îl constituie planul.

Notăm cu indicele zero realizările efective din perioada de bază sau indicii de plan și cu indicele 1 realizările efective din perioada analizată.

În acest caz vom avea :

$$q_{brut\,0} = f(E_0, Q_0, A_0, Y_0, N_0, H_0, b_0, n_0, Bmg_0, \lambda_0)$$

$$q_{brut\,1} = f(E_1, Q_1, A_1, Y_1, N_1, H_1, b_1, n_1, Bmg_1, \lambda_1)$$

Procedînd la eliminarea influenței fiecăruia din cei zece factori asupra rezultatului, raționamentul capătă următoarea înfățișare :

$$\Delta q_E = f(E_1; Q_0; A_0; Y_0; N_0 \ldots) - f(E_0; Q_0; A_0; Y_0 \ldots)$$

$$\Delta q_Q = f(E_1; Q_1; A_0; Y_0 \ldots) - f(E_1; Q_0; A_0; Y_0; N_0 \ldots)$$

$$\Delta q_A = f(E_1; Q_1; A_1; Y_0 \ldots) - f(E_1; Q_1; A_0; Y_0; N_0 \ldots)$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\Delta q_\lambda = f(E_1; Q_1; \ldots \lambda_1) - f(E_1; Q_1 \ldots \lambda_0))$$

$$\Delta q = f(E_1; Q_1 \ldots \lambda_1) - f(E_0; Q_0 \ldots \lambda_0)$$

Următoarele etape ale analizei le va constitui sistematizarea și concluzionarea rezultatelor în scopul îmbunătățirii activității.

g) Metoda determinării izolate a acțiunii factorilor — în care se fac substituțiile succesive, dar un factor substituit nu se mai menține ca atare în operațiile următoare :

$$\Delta q_E = f(E_1; Q_0 \ldots \lambda_0) - f(E_0; Q_0 \ldots \lambda_0)$$

$$\Delta q_Q = f(E_0; Q_1 \ldots \lambda_0) - f(E_0; Q_0 \ldots \lambda_0)$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\Delta q_\lambda = f(E_0; Q_0 \ldots \lambda_1) - f(E_0; Q_0 \ldots \lambda_0)$$

$$\Delta q = \Delta q_E + \Delta q_Q + \ldots + \Delta q_\lambda$$

h) Metoda balanțieră (bilanțieră).

Metoda bilanțurilor sau a balanței se folosește atunci cînd între elementele fenomenului analizat există relații de sumă și diferență. Ea permite să se scoată la iveală cauzele care au determinat modificarea unui rezultat, comparînd elementele bilanțului, respectiv valorile efective cu valorile de proiect sau de plan.

i) Metodele cercetării operaționale — sînt metodele care utilizează pentru analiză programarea liniară, programarea dinamică, metoda drumului critic, lanțuri Markov, procesele Poisson, teoria șirurilor de așteptare etc.

Cu ajutorul cercetării operaționale se maximizează sau minimizează funcțiile de optimizare.

S-a arătat că printre factorii organizatorici care contribuie la buna desfășurare a activității un rol deosebit îl are modul de organizare a manevrelor în instalație și de stabilire a atribuțiilor personalului.

Utilizarea teoriei grafelor în organizarea manevrelor se poate dovedi o metodă deosebit de importantă.

Operațiile la manevrele de pornire a unui CAF

Nr. crt.	Nr. operații	Denumirea operației	Cine execută	Timp, min	Observații
1	0— 1	Verificarea încheierii autorizației de lucru	M	1	
2	0— 2	Verificarea stării de curățenie a cazanului	O—2	2	
3	2— 3	Verificarea închiderii vanelor manuale de gaze la arzătoare	O—2	3	
4	0— 4	Verificarea închiderii ventilelor manuale de gaze la aprinzătoarele-pilot	O—1	2	
5	0— 5	Verificarea prezenței detectorului de flacără, a bujiei de aprindere și montarea acestora la aprinzătoarele-pilot	A	4	
6	4— 6	Verificarea prezenței tensiunii la panoul de comandă	O—1 ; A	1	
7	6— 3	Verificarea poziției închis a vanelor de intrare și ieșire apă	O—1	1	
8	1— 3	Verificarea la fața locului a poziției închis a vanei principale de gaze naturale	M	1	
9	4— 7	Verificarea funcționării aparatelor de măsură și control, a semnalizărilor optice și acustice	A	2	
10	3— 8	Crearea debitului de apă prin CAF la valoarea corespunzătoare (2000—2200 t/h)	O1+O2+M	10	
11	8— 9	Se cuplează protecțiile cazanului	A	0,5	
12	8—10	Se deschid ventilele de pe aerisirile conductelor de gaze naturale	O—1	1	
13	8—11	Se deschid șibărele de gaze arse, presiunea în focar 25—30 mm c.a.	O1+O2	4	
14	11—12	Se deschide vana manuală de gaz racord din magistrală	O—2	2	
15	11—13	Se deschide vana principală de gaze naturale	O—1	1	
16	8—14	Se armează ventilul de blocaj gaze naturale	M	1	
17	15—16	Se declanșează ventilul de blocaj de gaze naturale	M	1	
18	16—17	Se închide vana principală de gaze naturale	O—1	1	
19	17—18	Se pornesc opt ventilatoare pentru aerisirea CAF	O—1	10	
2	18—19	Se opresc ventilatoarele folosite pentru aerisirea focarului	O—1	1	
21	19—20	Se deschide vana principală de gaze naturale	O—1	1	
22	20—21	Se armează ventilul de blocaj gaze naturale	O—1	0,25	
23	19—21	Se cuplează butonul de blocaj între vana principală de gaze și ventilul de blocaj	M	0,25	
24	21—22	Se deschide ventilul de reglaj gaze și se stabilește presiunea de 3000 mm. c.a.	O—1	1	
25	21—23	Se cuplează pe automat ventilul de reglaj gaze naturale	A	0,25	
26	22—24	Se deschide ventilul manual al aprinzătorului-pilot la primul arzător ce urmează a fi aprins	O—1	0,5	
27	22—26	Supravegherea arderii	M	2	
28	22—25	Se deschide vana manuală de gaze la primul arzător ce urmează a fi aprins	O—2	1	
29	25—26	Se dă comanda de deschidere a arzătorului	A	0,25	
30	26—27	Se deschide ventilul manual al aprinzătorului-pilot la al doilea arzător ce urmează a fi aprins	O—1	0,5	
31	26—29	Supravegherea arderii	M	2	
32	26—28	Se deschide vana manuală de gaze la al doilea arzător ce urmează a fi aprins	O—2	1	
33	28—29	Se dă comanda de aprindere a arzătorului	A	0,25	
34	29—30	Se controlează tirajul menținîndu-l între 10—15 mm	O—1	1	
35	30—31	Se închid vanele manuale de pe aerisirile de pe colectoarele de gaze și aerisirile de pe colectoarele-pilot	O—1	1	
n — 4	34 — (n — 4)	Se deschide ventilul manual al aprinzătorului-pilot la ultimul arzător ce urmează a fi aprins	O—1	0,5	
n — 3	34 — (n — 1)	Supravegherea arderii	M	2	
n — 2	34 — (n — 2)	Se deschide vana manuală de gaze la ultimul arzător ce urmează a fi aprins	O—2	1	
n — 1	(n — 2) — (n—1)	Se dă comanda de aprindere a arzătorului	A	0,25	
n	(n—1)—(n)	Se anunță executarea manevrei	M	0,5	

Spre exemplificare se va arăta, pe exemplul unei manevre relativ simple (pornirea unui CAF), modul de analizare cu ajutorul drumului critic. Folosirea acestei metode se face prin parcurgerea următoarelor etape principale :

1. Analiza activităților ; se face o detaliere a tuturor elementelor, în cazul nostru toate operațiile necesare în vederea pornirii CAF.

2. Aprecierea timpului necesar pentru efectuarea fiecărei operații și stabilirea inițială a personalului ce urmează a le efectua.

În tabel s-au parcurs aceste etape. Personalul utilizat la manevră este compus din :

— maistru șef tură M
— operator 1 O—1
— operator 2 O—2
— electrician AMC A

3. Construirea grafului pentru manevra analizată. În graf, activitățile sînt reprezentate prin arcuri și stările de moment prin noduri.

4. Determinarea termenului minim de apariție și maxim de realizare a evenimentelor, a

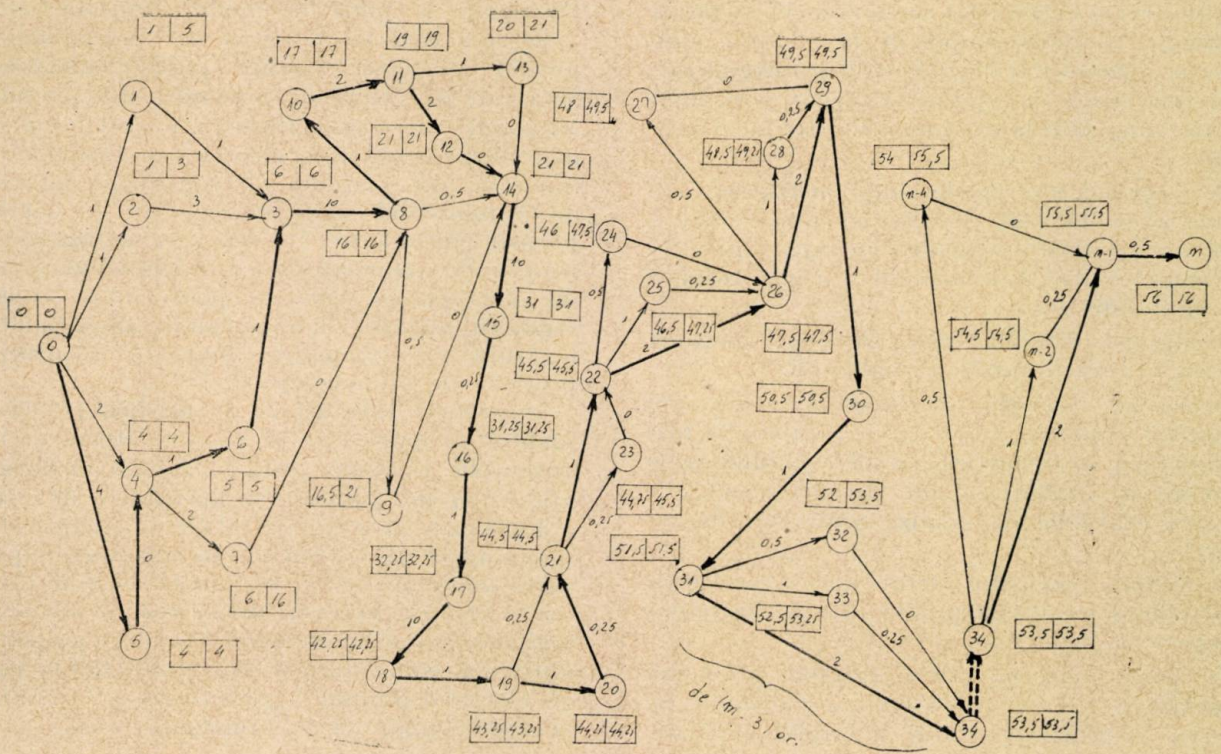


Fig. 1

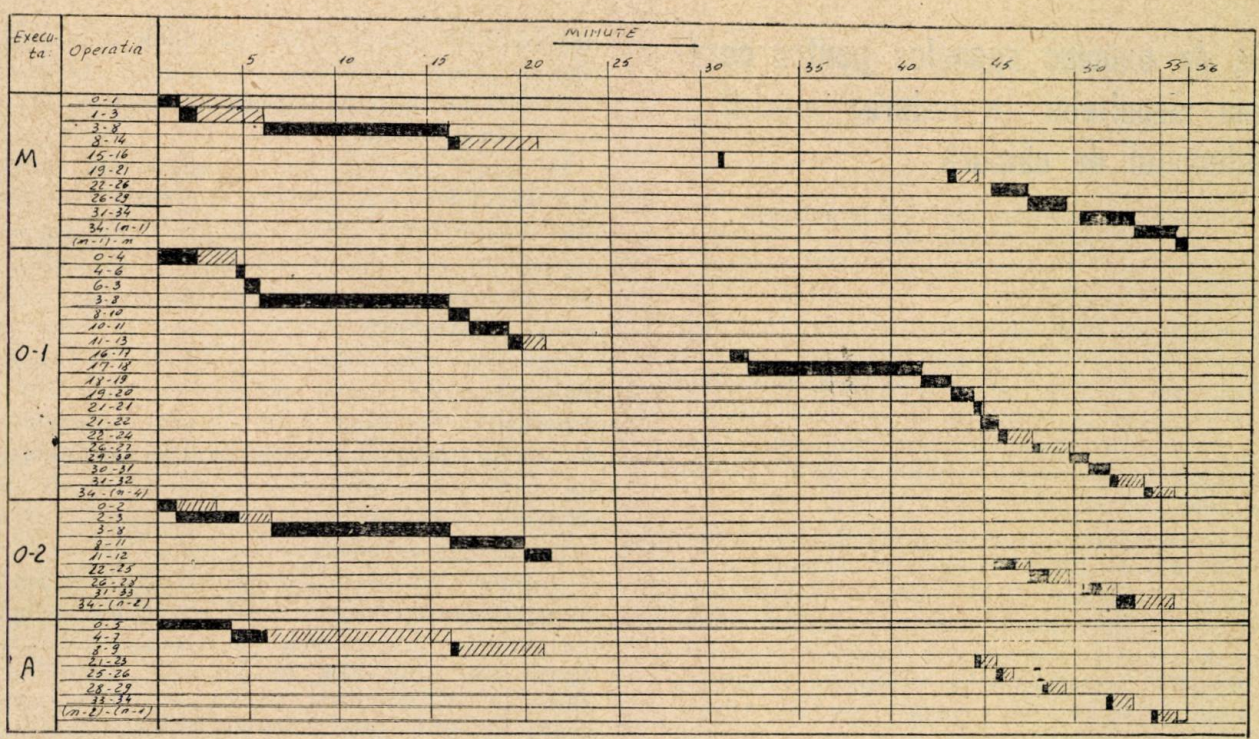


Fig. 2. Graful Gantt la manevrele de pornire a CAF.

termenelor minime și maxime de începere și terminare a activităților, stabilirea rezervei de timp și a drumului critic.

Termenul minim de apariție a unui eveniment definește timpul de apariție a evenimentului i, mergîndu-se de la sursă la evenimentul i pe drumul care are durata cea mai mare de timp.

Termenul de realizare maxim a unui eveniment reprezintă timpul cel mai îndepărtat la care acesta poate fi terminat pentru a evita

o întîrziere în executarea manevrei. El se poate determina mergînd înapoi de la nodul n spre sursa 0, scăzînd din durata realizării evenimentului final suma timpilor activităților pe drumul cel mai lung pînă la evenimentul care ne interesează.

Se numește rezerva de timp întîrzierea care poate avea loc la apariția evenimentului i care nu produce întîrzierea întregii manevre.

Drumul critic este drumul a cărui rezervă de timp este zero.

Cunoscînd drumul critic, se poate acționa asupra reducerii totale a manevrei.

Analizînd rezervele de timp în executarea anumitor operații, se pot găsi combinații mai avantajoase de repartizare a personalului și de stabilire a atribuțiilor lui. În acest sens, o imagine clară ne dă analiza unui graf de tip Gantt.

j) Metoda jocurilor strategice — constituie o metodă foarte utilă în programare sau în analiza prospectivă.

În acest sens se poate rezolva problema repartizării sarcinii electrice și termice pe diferite grupuri în cadrul centralei electrice. Problema se pune în modul următor:

Se consideră fiecare grup ca un partener al jocului strategic. Fiecare jucător urmărește maximul de cîștig și minimum de pierdere. Maximul de cîștig reprezintă producția cît mai mare de energie electrică și termică, iar minimul de pierderi îl constituie minimul de combustibil și de energie pentru servicii proprii consumate. Pentru a-și realiza scopul propus, fiecare jucător are la îndemînă un număr de strategii pe care le poate folosi. Aceste strategii nu sînt independente, ele intrînd în legătură cu strategiile celorlalți jucători și produc un anume efect.

Important este nu de a satisface pe fiecare jucător în parte, ci pe toți jucătorii, deci în ansamblu valoarea jocului trebuie să ducă la minimum de pierderi și maximum de cîștig.

Problema programării utilizînd jocurile strategice a fost dezbătută mai pe larg pe exemplificarea modelului CET București-Vest în lucrarea „Studiu privind urmărirea și stabilirea regimurilor optime în centralele electrice pentru obținerea consumurilor de combustibil și energie electrică minimă", prezentată la Conferința energeticienilor de la Constanța, 1977.

Bile de cauciuc spongios pentru curățirea circuitelor în vederea măririi schimbului de căldură

ing. **Lelian Cioroianu**, ing. **Virginia Munteanu** și tehn. **Romulus Șdirea**
— ICEMENERG —

Condensatoarele aferente turbinelor din centralele termoelectrice utilizează ca apă de răcire apa de rîu. Trecerea ei prin țevi duce în scurt timp la formarea de depuneri mîloase sau dure (cruste de carbonați insolubili), care au ca efect diminuarea considerabilă a valorilor coeficienților de transfer termic.

Deoarece eficacitatea economică a curățirilor periodice este foarte redusă, observîndu-se, la numai cîteva zile după curățire, înrăutățirea schimbului de căldură, s-a imaginat un procedeu de curățire continuă și chiar de prevenire a formării depunerilor pe suprafața interioară a țevilor, și anume circulația în tot timpul funcționării condensatorului a unor bile de cauciuc spongios. Aceste bile trebuie să fie elastice și mai mari cu 1—2 mm în diametru față de diametrul interior al țevii, pentru a asigura o trecere forțată a lor și în consecință o curățire. eficace. Porii materialului spongios trebuie să comunice între ei, iar densitatea sa reală să fie supraunitară. Astfel, în momentul îmbibării lor complete cu apă, bilele imersează, ceea ce atrage după sine o distribuție statistică uniformă în timp pe suprafața plăcii tubulare a condensatorului.

În urma cercetărilor efectuate în cadrul ICEMENERG, s-a ajuns la concluzia că buretele obținut din spumă de latex șarjată cu ingrediente reprezintă materialul corespunzător pentru producerea bilelor de cauciuc spongios, avînd o structură celulară uniformă, ceea ce atrage după sine o rezistență sporită la rupere, oboseală, eroziune etc., precum și o elasticitate superioară. În final s-au obținut compoziții de cauciuc spongios cu proprietățile menționate, din care s-au confecționat bile utilizate la curățirea condensatoarelor.

Tehnologia de producere a bilelor de curățire presupune obținerea spumei de latex șarjată cu ingrediente, vulcanizarea ei în etuve și fasonarea bilelor din masele buretoase obținute. Aparatura implicată în procesul tehnologic (malaxor de spumare, etuvă de vulcanizare, aparat de confecționat bile etc.) a fost proiectată și executată în cadrul ICEMENERG.

În prezent atelierul de microproducție are o capacitate de circa 400—500 000 bile/an. În urma definitivării înzestrării lui cu aparatură necesară se va ajunge la o producție de 1—1,5 milioane bile/an, treptat existînd perspective de scoatere a produsului la export.

Ca urmare a aplicării procedeului de curățire continuă a condensatoarelor turbinelor cu abur utilizînd bile de cauciuc spongios de fabricație ICEMENERG, se înregistrează o serie de avantaje economice, ca :

— eliminarea cheltuielilor valutare de circa 500 —750 000 DM/an ;

— economii anuale însemnate de combustibil convențional :

— asigurarea funcționării pompelor de pe traseul apei de răcire la parametrii nominali, ca urmare a diminuării rezistenței și pierderilor de presiune în urma curățirii suprafeței interioare a țevilor condensatoarelor ;

— eliminarea perioadelor de oprire a instalațiilor, care apar în procesul de curățire manuală ;

— costuri scăzute ale produsului, comparativ cu articolul din import ;

— eliminarea cazurilor de îmbolnăvire profesională apărute în situația curățirii manuale.

Posibilități de separare a zgurii existente în depozitele de cenușă și zgură ale centralelor termoelectrice prin procedeul cu ciur vibrant

ing. T. Bodu, dr. chim. M. Maftei, ing. V. Neațu, ing. M. Matei
— ICEMENERG —

Găsirea unor noi surse de combustibil, precum și economisirea celui existent reprezintă o preocupare prioritară, atît pe plan mondial, cît și la noi în țară.

Mergînd pe această linie, ICEMENERG a efectuat prospectarea potențialului energetic existent în unele depozite de cenușă și zgură ale centralelor termoelectrice. În urma rezultatelor obținute prin caracterizarea depozitelor Balta Unchiașului, Cicani-Est și Cicani-Vest ale CTE Rovinari și depozitului de pe malul stîng al Jiului al CET Işalnița (celulele nr. 1, 2 și 3), s-a constatat că în materialul depozitat există un conținut caloric care ar putea fi valorificat prin separarea zgurii de cenușă.

Avînd în vedere că amestecul cenușă-zgură este o materie primă nouă, care nu a fost cercetată pînă în prezent pentru a fi utilizată drept sursă de combustibil la arderea în focarele cazanelor de abur, au fost necesare experimentări de laborator, pe stand și pe stații-pilot, pentru a se stabili procedeul optim de separare.

În acest scop au fost efectuate încercări preliminare de separare în laborator prin diferite procedee.

Pornind de la ideea că particulele de material lemnos de dimensiuni mari din cărbune nu au avut timp să ardă complet în focarele cazanelor de abur, fiind evacuate sub formă de zgură, s-a căutat să se folosească această diferență a dimensiunilor particulelor, ca principiu de elaborare a unei metode de separare a materialului combustibil din amestecul cenușă-zgură existent în depozit.

Prin urmare, într-o primă fază de laborator s-a procedat la cernerea materialului uscat pe un set de site.

Pentru exemplificare, în figura 1 sînt prezentate rezultatele obținute prin cernerea și analizarea din punct de vedere al caracteristicilor energetice ale fracțiilor granulometrice ale unor probe de amestec zgură-cenușă prelevate din depozitul Balta Unchiașului — CTE Rovinari, respectiv din depozitul de pe malul stîng al Jiului — celula nr. 2 de la CET Işalnița.

Urmărind datele din figura 1, se constată că în cazul unui material inițial avînd o putere

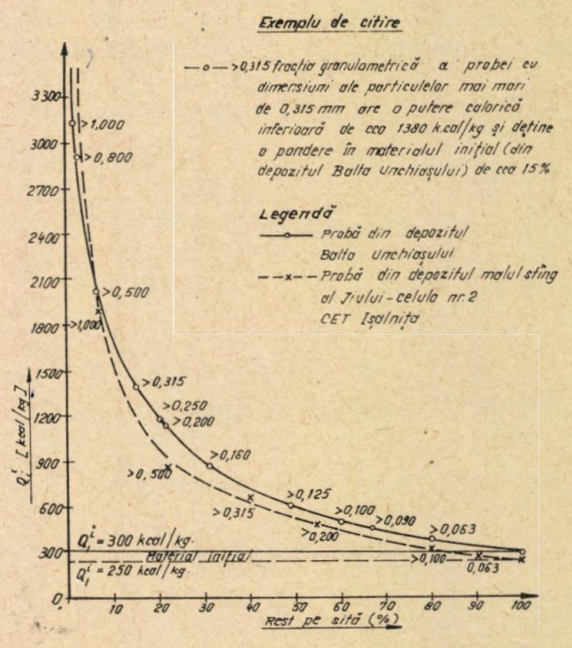


Fig. 1. Corelarea valorilor puterii calorice inferioare cu dimensiunea particulelor și cu ponderea acestora în materialul inițial pentru probe de material prelevat prin forare, din depozitele Balta Unchiașului — CTE Rovinari și malul stîng al Jiului — CET Işalnița, separate în laborator.

calorică inferioară medie de 300 kcal/kg, fracția peste 0,315 mm deține o pondere de 15,2% și înregistrează o valoare a puterii calorice inferioare $Q_i^i = 1381$ kcal/kg.

De asemenea, reiese faptul că, pentru proba colectată din celula 2, avînd valoarea Q_i^i = = 250 kcal/kg, se poate obține prin separare pe sita de 0,315 mm un material cu Q_i^i = = 654 kcal/kg, cu un randament de 40,38%.

Întrucît nu este posibilă cernerea amestecului zgură-cenușă avînd umiditatea din depozit (circa 30 —35%), datorită apariției fenomenului de aglomerare, s-au făcut încercări de laborator de separare a fracției peste 0,315 mm prin cernere sub jet de apă, obținîndu-se rezultate favorabile.

Ca urmare, s-a trecut la o a doua fază de cercetare, și anume experimentări de cernere cu flux de apă pe un stand cu site fixe.

Pentru a urmări variația caracteristicilor energetice și a gradului de recuperare funcție de diametrul particulei, au fost utilizate trei site fixe suprapuse avînd dimensiunea ochiurilor de 1,000 mm, 0,700 mm și 0,315 mm.

Reprezentarea schematică a standului de încercări pentru separarea zgurii de cenușă este prezentată în figura 2.

Pe acest stand, avînd o capacitate de circa 20 kg/h, au fost sitate 35 probe prelevate din depozitele de cenușă și zgură Balta Unchiașului, Cicani-Vest și Cicani-Est de la CTE Rovinari și 50 de probe din depozitul de pe malul stîng al Jiului — celulele nr. 1, 2 și 3 de la CET Ișalnița.

Cercetînd tabelul 1, care prezintă valorile medii ale caracteristicilor materialului inițial și ale recuperatului pe fracții granulometrice

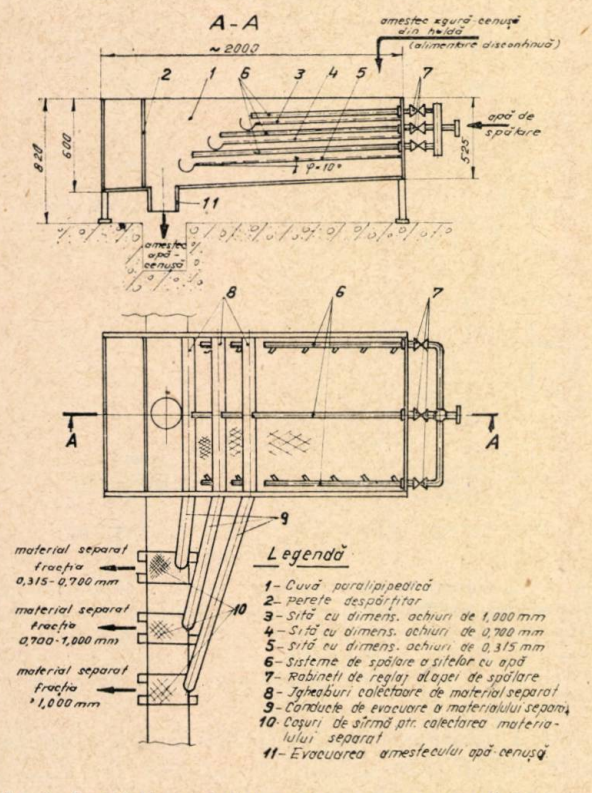


Fig. 2. Instalație semipilot pentru separarea zgurii de cenușă pe site fixe. (Scara 1 : 20)

pentru probele analizate (probe de sondaj prelevate cu lopata), se constată următoarele:

— Testarea pe standul cu site fixe nu s-a făcut pe probe de material reprezentative din punct de vedere al valorilor caracteristicilor energetice pentru depozitul respectiv și, ca urmare, rezultatele obținute la separare constituie date care caracterizează procedeul de separare a zgurii prin sitarea materialului, date care, însă, nu permit evaluarea cantităților de material recuperabil din depozitele respective.

— Fracția granulometrică peste 1,000 mm are o putere calorică inferioară mai mare de 2000 kcal/kg, dar deține o pondere foarte mică în material, 1 —5%; fracția granulometrică 0,700 —1,000 mm are o putere calorică inferioară de 850 —1600 kcal/kg și reprezintă 3 —13 % din amestecul inițial, iar fracția 0,315 —0,700 constituie 4 —10% din materialul inițial.

— În cazul probelor din depozitele de cenușă și zgură de la CTE Rovinari s-au recuperat prin cernere umedă pe sita de 0,315 mm 9,6% material cu Q_i^i = 1586 kcal/kg la Balta Unchiașului și 11,5 —13,3% material cu Q_i^i = 600 — 850 kcal/kg la Cicani-Est și Cicani-Vest.

— Pentru probele din depozitul de pe malul stîng al Jiului — CET Ișalnița, s-a separat un material cu o putere calorică inferioară de 920 —1570 kcal/kg, cu un randament de separare de 25,5 —29,2%.

— Procentul de substanță combustibilă nearsă recuperată raportată la procentul de substanță combustibilă nearsă existentă în materialul inițial, $c_{zgR} \cdot R/c_{zg}$, este relativ constant în cazul experimentărilor pe probe din depozitul CET Ișalnița — arătînd că prin cernerea umedă a materialului pe sita cu dimensiunea ochiurilor de 0,315 mm se recuperează circa 65% din substanța combustibilă; acesta înregistrează însă valori diferențiate pentru probele din depozitele CTE Rovinari (recuperare practic integrală — 94% la Cicani-Vest și apropiată de cea a probelor din depozitul Ișalnița — pentru Cicani-Est — 58%, dar redusă pentru Balta Unchiașului — 37%).

Prin urmare, pentru materialul din depozitul de pe malul stîng al Jiului — CET Ișalnița și depozitele Cicani-Est și Cicani-Vest — CTE Rovinari, dimensiunea ochiurilor de 0,315 mm poate fi considerată ca fiind optimă, în timp ce pentru depozitul Balta Unchiașului există posibilitatea măririi gradului de recuperare al materialului prin reducerea dimensiunii ochiurilor sitei.

Recuperarea materialului combustibil pe trei fracții granulometrice: peste 1,000 mm, 0,700 mm și 0,315 mm, avînd drept scop stabilirea dimensiunii optime a ochiurilor sitei, a confirmat corelația existentă între randamentul de separare, puterea calorică a materialului și

Tabelul 1

Valorile medii obținute la separarea zgurii de cenușă pe instalația semipilot cu site fixe

Nr. crt.	Depozitul	Nr. probe	Material inițial		Materal separat			Material separat pe fracții granulometrice				$\frac{c_{zgR} \cdot R^{*}}{100}$ %	$\frac{Q_{iR}^{i} \cdot R^{**}}{100}$ kcal/kg	$\frac{c_{zgR} \cdot R^{***})}{c_{zg}}$ %
			c_{zg} %	Q_i^i kcal/kg	Grad de recup. R %	c_{zgR} %	Q_{iR}^{i} kcal/kg	Fracția mm	R %	c_{zgR} %	Q_{iR}^{i} %			
1	Balta Unchiașului CTE Rovinari	12	11,39	295	9,60	41,55	1586	> 1,000	1,54	75,10	2966	3,94	270	36,87
								0,700—1,000	3,37	41,82	1572			
								0,315—0,700	4,69	31,34	1127			
2	Cicani-Vest CTE Rovinari	12	5,49	59	13,31	23,34	874	> 1,000	1,42	61,03	2546	3,00	109	94,03
								0,700—1,000	4,63	27,49	890			
								0,315—0,700	7,26	14,32	451			
3	Cicani-Est CTE Rovinari	11	4,04	35	11,39	18,25	607	> 1,000	0,86	67,29	2660	2,11	71	58,45
								0,700—1,000	2,88	24,89	886			
								0,315—0,700	7,65	9,75	243			
4	Celula nr. 1 malul stîng al Jiului CET Işalniţa	17	12,02	305	25,48	44,19	1517	> 1,000	4,84	65,35	2410	9,12	322	65,53
								0,700—1,000	11,33	46,34	1620			
								0,315—0,700	9,31	28,58	1005			
5	Celula nr. 2 malul stîng al Jiului CET Işalniţa	15	12,26	296	27,40	27,69	920	> 1,000	4,86	59,43	2081	7,78	254	63,18
								0,700—1,000	12,79	26,38	855			
								0,315—0,700	9,75	16,00	465			
6	Celula nr. 3 malul stîng al Jiului CET Işalniţa	17	15,67	417	25,71	38,60	1341	> 1,000	5,19	56,95	2054	9,75	339	63,93
								0,700—1,000	11,24	33,41	1167			
								0,315—0,700	9,28	21,30	710			

*) Procent de nearse recuperate din materialul inițial.
**) Kilocalorii recuperate pe kilogram de material inițial.
***) Procent de nearse recuperate raportat la procente de nearse existente în materialul inițial.
Observație. Valorile Q_{iR}^{i} au fost calculate luîndu-se în considerare valoarea umidității de îmbibație a materialului inițial.

dimensiunea particulei stabilite în faza de laborator.

Reprezentarea grafică a dependenței acestor mărimi, rezultată din valorile medii obținute pe stand pentru probele testate, este prezentată în figura 3.

Prin urmare au fost confirmate rezultatele încercărilor de laborator, prin care se stabilise că ponderea majoră a conținutului caloric al amestecului de zgură și cenușă din depozitele centralelor termoelectrice este concentrată în fracțiile granulometrice mari, valorile puterii calorice inferioare ale fracțiilor fiind invers proporționale cu dimensiunile particulelor respective.

Experimentările pe standul de site fixe au arătat faptul că o instalație de recuperare a zgurii din amestecul său cu cenușa, care folosește ca principiu de separare a celor două sorturi — cel combustibil utilizabil energetic de cel necombustibil — diferența dimensiunilor particulelor își atinge scopul.

Pentru unele depozite, ca, de exemplu, Balta Unchiașului, la care puterea calorică a materialului recuperat ($Q_i^i = 1700$ kcal/kg) permite, este posibil să fie utilizată o sită cu dimensiuni ale ochiurilor mai mici (0,2 mm) pentru a crește randamentul instalației de separare.

La depozite ca Cicani-Vest și Cicani-Est, la care puterea calorică a materialului separat pe sita de 0,315 mm are valori reduse ($Q_i^i = 700$ —800 kcal/kg), este indicat ca materialul din depozit să fie separat pe o sită cu dimensiuni ale ochiurilor mai mari (0,7 mm), pentru a ridica valoarea puterii calorice a recuperatului la nivelul necesității procesului de ardere.

Etapa următoare a cercetării a constat în realizarea unei instalații experimentale care să permită separarea prin sitare a fracției combustibile din materialul existent în depozitele de

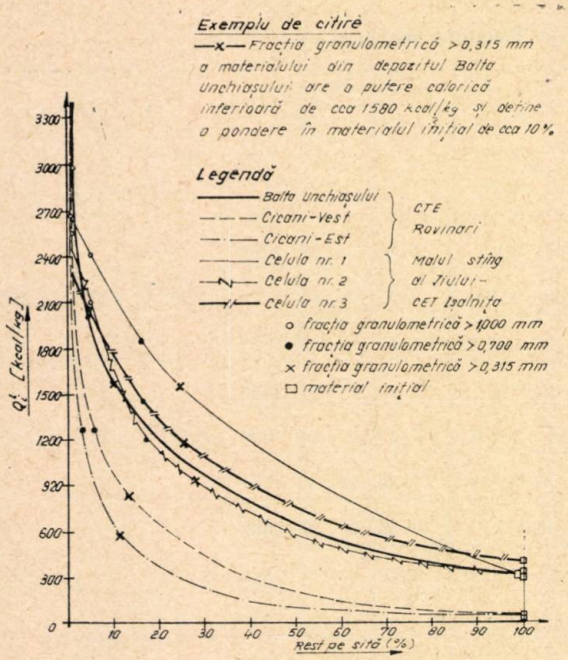


Fig. 3. Corelarea valorilor puterii calorice inferioare cu dimensiunea particulelor și cu ponderea acestora în materialul inițial pentru probele prelevate din depozitele de cenușă și zgură de la CTE Rovinari și CET Işalnița, separate pe standul cu site fixe.

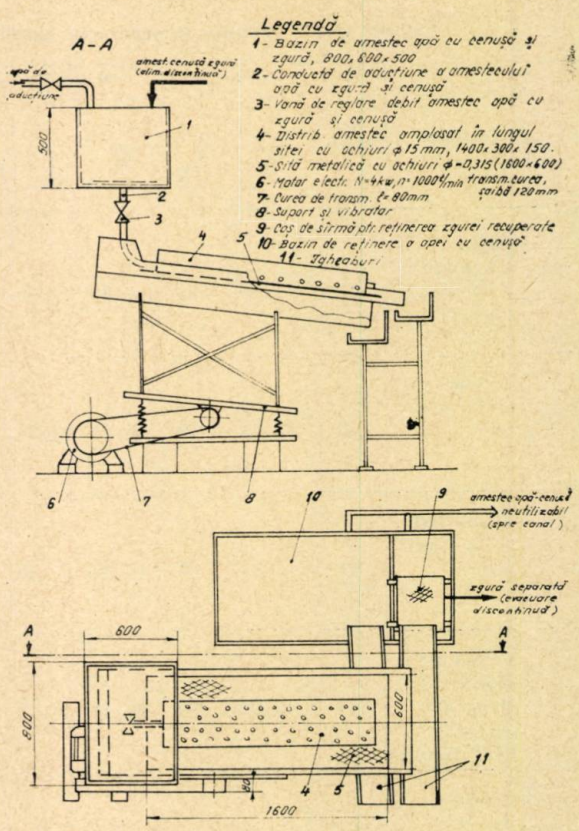


Fig. 4. Vedere de ansamblu a instalației-pilot de 1 t/h pentru separarea zgurii din cenușă cu ciur vibrant (scara 1 :20).

zgură și cenușă ale centralelor termice, în condiții care să fie reproductibile cu un grad cît mai ridicat de similitudine în cadrul unei instalații industriale.

În acest scop a fost concepută și executată o instalație-pilot de 1 t/h cu ciur vibrant, a cărei vedere de ansamblu este prezentată în figura 4.

Apa de diluție este adusă în bazinul de amestec apă-cenușă *1* și menținută la un nivel constant prin jocul vanelor din amonte și aval de bazin. Amestecul cenușă-zgură se distribuie manual discontinuu în acest bazin, fiind apoi antrenat de apă prin conducta de aducțiune *2* în distribuitorul *4*, amplasat în lungul unui jgheab prevăzut cu orificii cu ochiuri cu Ø 15 mm, și trecut pe sita metalică cu dimensiunea ochiurilor de 0,315 mm. Această sită metalică este montată pe vibratorul *8*, care este antrenat de motorul electric *6*, prin cureaua de transmisie *7*.

Particulele de zgură, avînd dimensiuni mai mari de 0,315 mm, se rețin pe sită și sînt evacuate datorită vibrațiilor printr-un jgheab *11* în coșul de sîrmă *9*. Apa de diluție antrenează particulele cu dimensiuni mai mici de 0,315 mm prin jgheabul *11* în bazinul de reținere a apei și cenușii *10*, în care are loc decantarea parțială a materialului și evacuarea spre canal a apei, care antrenează o parte din cenușa remanentă.

Proporția între amestecul cenușă-zgură din depozit și apa de diluție este de circa 1 : 7.

Pe această instalație-pilot au fost testate probe prelevate prin foraje executate pe întreaga adîncime a depozitului Balta Unchiașului — CTE Rovinari și depozitului de pe malul stîng al Jiului — CET Işalnița.

În depozitul Balta Unchiașului — avînd o suprafață de 26,8 ha — au fost executate 36 foraje repartizate uniform pe suprafața acestuia. S-a considerat că fiecare probă de foraj, omogenizată în prealabil într-o betonieră, este reprezentativă pentru un volum determinat de o suprafață de 7444 m² și o înălțime egală cu adîncimea depozitului de cenușă și zgură corespunzătoare forajului respectiv.

În ceea ce privește depozitul de pe malul stîng al Jiului —CET Işalnița, deoarece la data executării forajelor (iulie 1979) cea mai mare parte a suprafeței era inundată, forajele au fost executate în celula 1 pe o suprafață de 8,5 ha (dintr-un total de 19,5 ha) și în celula 2 pe o suprafață de 6,7 ha (dintr-un total de 52,8 ha).

Prin urmare au fost executate 33 foraje în celula 1, fiecare dintre acestea considerîndu-se reprezentativ pentru o suprafață de circa 2600 m², și 7 foraje în celula 2, fiecare foraj cuprins într-o suprafață de circa 9500 m².

Probele sistematice prelevate prin forare și omogenizate au fost prelucrate în instalația-pilot cu ciur vibrant, în vederea stabilirii gradului de recuperare (exprimat în procente,

ca raport între cantitatea de material separat și cantitatea inițială) și a caracteristicilor energetice ale acestuia.

În cazul separărilor efectuate pe cele 36 probe de foraj din depozitul Balta Unchiașului, au rezultat materiale combustibile cu o putere calorică inferioară ce a depășit 1000 kcal/kg, mergînd pînă la 2900 kcal/kg, cu excepția a 4 probe, pentru care Q_i^i este sub 1000 kcal/kg, cu un randament de recuperare de 5 —33%; în urma experimentărilor efectuate pe cele 40 de probe de foraj din depozitul de pe malul stîng al Jiului — CET Ișalnița, s-au obținut, cu o singură excepție, separate cu valori ale puterii calorice inferioare de 1100 —2300 kcal/kg, cu un randament de 4 —16%.

Valorile medii ale rezultatelor obținute pe probele de foraj prelevate din depozitul Balta Unchiașului — CTE Rovinari și depozitul de pe malul stîng al Jiului — celulele 1 și 2 — CET Ișalnița sînt prezentate în tabelul 2. Caracteristicile energetice înscrise în tabel au fost calculate ca medii aritmetice ale valorilor individuale obținute.

Din cercetarea acestor date se constată că prin sortarea granulometrică a amestecului de cenușă și zgură din depozit, care are o putere calorică inferioară de 10 —300 kcal/kg, se poate obține un combustibil avînd o putere calorică egală cu cea a lignitului din bazinul Rovinari, care reprezintă 9 —17% din materialul inițial.

Pentru a avea însă date cît mai apropiate de valorile reale în ceea ce privește cantitatea și calitatea materialului care se poate recupera din zonele prospectate prin procedeul cernerii pe ciur vibrant, s-au calculat valorile medii ponderate, procedîndu-se în modul următor:

1. S-a considerat că proba prelevată din fiecare foraj este reprezentativă pentru o arie reprezentînd $1/N$ din suprafața depozitului, în care N reprezintă numărul de foraje.

2. S-a considerat că volumul depozitului poate fi asimilat cu suma volumelor paralelipipedelor avînd înălțimea egală cu adîncimea fiecărui foraj în stratul de cenușă și zgură — h_i — și secțiunea egală cu S/N, în care S este suprafața depozitului.

Tabelul 2

Caracteristicile energetice medii ale materialului prelevat prin foraje din depozitele Balta Unchiașului — CTE Rovinari și depozitul de pe malul stîng al Jiului, celulele 1 și 2 și ale materialului separat pe instalația-pilot de 1 t/h cu ciur vibrant

	Caracteristica	Simbol	U.M.	Depozitul		
				Balta Unchiașului — CTE Rovinari	Celula 1 mal stîng CET Ișalnița	Celula 2 mal stîng CET Ișalnița
	Număr probe din foraje	N	—	36	33	7
Material inițial	Umiditate totală	W_t^i	%	36,43	34,96	33,65
Material inițial	Cenușa raportată la starea inițială	A^i	%	55,84	60,33	59,01
Material inițial	Conținut de substanță combustibilă nearsă	c_{zg}	%	13,84	7,25	8,07
Material inițial	Putere calorică inferioară	Q_i^i	kcal/kg	314	10	7
Material separat	Umiditate totală	W_{tR}^i	%	39,30	37,60	37,18
Material separat	Cenușă raportată la starea inițială	A_R^i	%	28,57	32,78	36,23
Material separat	Conținut de substanță combustibilă nearsă	c_{zgR}	%	52,76	47,47	42,35
Material separat	Substanțe volatile la starea inițială	V_R^i	%	12,36	15,98	13,69
Material separat	Putere calorică inferioară	Q_{iR}^i	kcal/kg	1828	1617	1411
Grad de recuperare		R	%	16,08	9,44	17,16
Conținut din substanță combustibilă nearsă recuperată raportată la materialul inițial		$\frac{c_{zgR} \cdot R}{100}$	%	8,48	4,48	7,27
Procent de nearse recuperate raportat la procent de nearse existente în materialul inițial		$\frac{c_{zgR} \cdot R}{c_{zg}}$	%	61,30	61,80	90,05
Kilocalorii recuperate dintr-un kilogram de material inițial		$\frac{Q_{iR}^i \cdot R}{100}$	kcal/kg	294	152	242

Observație. Valorile W_{tR}^i au fost calculate luîndu-se în considerare umiditatea de îmbibație a materialului inițial.

3. S-a determinat greutatea specifică în vrac a materialului inițial, γ, pentru 12 din probele prelevate prin forare.

Ca urmare, cantitatea de material existent în depozit este :

$$M = S\gamma \frac{h_i}{N}$$

4. Pentru calcularea gradului mediu de recuperare $\bar{R}$ — în cazul utilizării procedeului cu ciur vibrant — s-a considerat ca singur factor de ponderare adîncimea stratului de cenușă și zgură în depozit. Ca urmare :

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i \cdot h_i}{\sum h_i}$$

5. Cantitatea de material recuperabilă prin procedeul propus este :

$$Z = M\bar{R} = \gamma S \frac{\sum R_i \cdot h_i}{N}$$

6. Puterea calorică inferioară medie a materialului separat este :

$$\bar{Q}_i^i = \frac{\sum h_i \cdot R_i \cdot Q_i}{\sum h_i \cdot R_i}$$

Prin testarea pe instalația-pilot de 1 t/h a probelor sistematice, prelevate prin forare din depozitele Balta Unchiașului — CTE Rovinari, celula 1, malul stîng al Jiului — CET Işalnița (suprafața prospectată 8,5 ha dintr-un total de 19 ha) și celula 2 același depozit (suprafața prospectată 6,7 ha din 52,8 ha) s-au obținut datele prezentate în tabelul 3.

Urmărind datele din tabel, se constată că prin separarea fracției granulometrice peste 0,315 mm din depozitul Balta Unchiașului se poate obține un combustibil cu o putere calorică inferioară de circa 1700 kcal/kg, cu un randament de recuperare de circa 15%, ceea ce înseamnă că dintr-un total de circa 3 milioane tone amestec cenușă-zgură se pot obține circa 0,5 milioane tone material combustibil.

Tabelul 3

Caracteristicile depozitului Balta Unchiașului — CTE Rovinari și ale depozitului de pe malul stîng al Jiului celulele 1 și 2 — CET Işalnița și datele obținute prin testarea pe instalația-pilot de 1 t/h cu ciur vibrant

Caracteristica	Simbol	U.M.	Dep. Balta Unchiașului CTE Rovinari	Dep. malul stîng al Jiului CET Işalnița		
				Total $C_1 + C_2$	Celula 1	Celula 2
Suprafața	S	ha	26,8	72,3	19,5	52,8
Suprafața prospectată	S_p	ha	26,8	15,2	8,5	6,7
Număr foraje executate	N	—	36	40	33	7
Adîncimea medie a forajelor	$\bar{h}$	m	10,74	11,45*)	13,42	8,93
Densitatea în vrac a materialului	γ	kg/m³	1078	1100	1100	1100
Cantitatea de material existent în zona prospectată	$\bar{M}$	$\times 10^6$t	3,08	1,91	1,25	0,66
Grad de recuperare mediu	$\bar{R}$	%	15,32	12,21**)	9,52	17,37
Cantitatea de zgură recuperată din zona prospectată	Z	$\times 10^6$t	0,472	0,234	0,119	0,115
Puterea calorică inferioară medie a zgurii recuperate	Q_i^i	kcal/kg	1697	1542***)	1589	1489
Echivalentul cantității de zgură recuperată în tone lignit $Q_i^i = 1600$ kcal/kg	B_L	$\times 10^3$t	0,501	0,223	0,116	0,107
Echivalentul cantității de zgură recuperată în t c.c.	E_{cc}	$\times 10^5$t	1,144	0,515	0,270	0,245

*) pentru total zonă prospectată din depozitul CET Işalnița, valoarea $\bar{h}$ a fost calculată astfel : $\bar{h} = \frac{h_1 S_1 + h_2 S_2}{h_1 + h_2}$

**) $\bar{R}$ a fost obținut cu formula : $\bar{R} = \frac{h_1 S_1 R_1 + h_2 S_2 R_2}{(S_1 + S_2)\bar{h}}$

***) $\bar{Q}_i^i$ a fost calculat astfel : $\bar{Q}_i^i = \frac{h_1 S_1 R_1 Q_{i1}^i + h_2 S_2 . R_2 Q_{i2}^i}{(S_1 + S_2)\bar{h}\bar{R}}$

Prin aceeași tehnologie din zona prospectată a depozitului de pe malul stîng al Jiului — CET Ișalnița, reprezentînd circa 15% din total (15,2 ha prospectate dintr-un total de 96,3 ha) se poate obține un combustibil cu o putere calorică inferioară de 1540 kcal/kg cu un randament de circa 12%, ceea ce înseamnă 0,22 milioane tone material combustibil. Prin extrapolare, se poate estima că din întregul depozit se pot obține circa 1,5 milioane tone.

Prin urmare, se constată că există posibilitatea recuperării din depozitele prospectate, pe o instalație similară cu instalația-pilot, a unui material cu putere calorică apropiată de cea a lignitului din bazinul Rovinari, cu un randament de 12—15%, ceea ce justifică din punct de vedere tehnic introducerea unui asemenea procedeu la scară industrială.

Pe baza datelor obținute din încercările tehnologice s-a stabilit schema instalației de separare și caracteristicile constructive ale acesteia și, de asemenea, s-a întocmit tema de proiectare pentru o instalație-modul industrial pentru separarea zgurii de cenușă din depozitul Balta Unchiașului — CTE Rovinari, cu o capacitate de 50—70 t/h material brut.

În cadrul proiectului de execuție a instalației elaborat de ISPE, s-a întocmit calculul tehnico-economic de eficiență al procedeului de recuperare a zgurii, ce urmează a fi aplicat în vederea folosirii materialului separat drept combustibil la cazanele de abur. Costul combustibilului recuperat este de 453 lei/t c.c., față de 500 lei/t c.c. pentru lignit, ceea ce permite realizarea unei economii de 47 lei/t c.c.

Pe baza documentației tehnice întocmite de ISPE, Trustul Energoconstrucția a executat stația-pilot cu ciur vibrant pentru separarea zgurii din depozitul de zgură și cenușă Balta Unchiașului — CTE Rovinari.

Pînă în prezent s-au efectuat probe de funcționabilitate a acesteia și s-au adus unele modificări constructive,; urmează ca în cursul acestui an să se continue experimentările pe această instalație în vederea atingerii parametrilor de proiect.

Zgura separată pe instalația-pilot din depozitul Balta Unchiașului va servi la efectuarea unor experimentări privind comportarea sa la uscare în depozitul de cărbune al CTE Rovinari și la ardere în focarele cazanelor de abur. De asemenea, se vor cerceta posibilitățile de valorificare a cenușii rămase după separare, prin utilizare în industria materialelor de construcții.

În finalul cercetărilor va fi elaborat proiectul de execuție a instalației industriale de separare a zgurii combustibile din depozitul Balta Unchiașului.

Concomitent va fi continuată acțiunea de testare a potențialului caloric existent în depozitele de cenușă și zgură ale centralelor electrice Rovinari, Ișalnița, Paroșeni, Doicești, Oradea ș.a., în vederea stabilirii posibilităților de extindere a acestui procedeu de separare a zgurii.

Studiul dispersiei SO_2 în zona centralei termoelectrice Mintia

ing. C. Moțiu
— ICEMENERG —
fiz. N. Romanof
— IMH —
ing. R. Schmidt
— ISPE —

Lucrarea de față prezintă o sinteză a experimentului complex de studiere a dispersiei bioxidului de sulf emis de centrala termoelectrică Mintia, care s-a desfășurat în perioada 1975—1978.

Obiectul experimentului a constat în obținerea unor date de emisie, a unor date meteorologice și date privind concentrația bioxidului de sulf din atmosferă, în scopul testării unor modele de calcul a concentrațiilor de poluant.

În cadrul experimentului, coordonat de ICEMENERG, au participat Institutul de meteorologie și hidrologie, Institutul de studii și proiectări energetice și Institutul politehnic Iași.

Experimentul a constat din șase etape de măsurători cu o durată de circa 15 zile fiecare, realizate în anotimpurile: primăvară, vară, toamnă.

Măsurătorile s-au făcut orar, pe parcursul a 24 de ore pentru stabilirea valorilor de emisie-imisie, cît și pentru datele meteorologice.

1. Date de emisie pentru CTE Mintia

Centrala termoelectrică Mintia, cu o putere instalată de 840 MW, funcționează cu combustibil solid din bazinul Văii Jiului ($S = 1 - 3\%$) și din import ($S = 1 - 2\%$), este echipată cu trei coșuri de fum de 220 m fiecare, cu un diametru la vîrf de 6,8 m.

Locul de amplasare a centralei este situat în valea Mureșului, la circa 12 km de municipiul Deva.

În amplasament, valea Mureșului are o deschidere de 1—3 km și este încadrată de dealuri de 100—200 m înălțime.

Parametrii care caracterizează emisia, măsurați orar pe tot timpul experimentului, au fost: temperatura gazelor de ardere (°C), viteza de

evacuare (m/s) și cantitatea de bioxid de sulf (g/s).

Valorile fluctuează în jurul unor valori medii de circa 150°C (temperatura gazelor de ardere), 20 m/s (viteza de evacuare) și 4000 g/s (cantitatea de bioxid de sulf). Ele au fost obținute atît din măsurători directe, executate pe traseul gazelor de ardere cît și din calculul randamentului agregatelor de cazan [1].

2. Date meteorologice

Programul de măsuri meteorologice a cuprins următoarele elemente : măsurători asupra direcției și vitezei vîntului, făcute cu balon-pilot pînă la 1800 m, măsurători asupra gradienților de temperatură și viteza vîntului în stratul 0—6 m, măsurători asupra turbulenței atmosferice la 6 m, realizate cu un bivane, măsurători de radiație solară, măsurători asupra profilului vertical al temperaturii pînă la 1800 m.

Măsurătorile s-au realizat pe o platformă amplasată la circa 500 m de centrală.

În afara programului de măsurători meteorologice, specifice difuziei, a funcționat și o rețea de observații climatologice compusă din opt puncte, amplasate în principal pe pantele dealurilor, în scopul obținerii unor gradienți de umezeală și temperatură, cît și a caracteristicilor meteorologice locale determinate de orografie.

Programul de măsurători a permis obținerea caracteristicilor de dispersie în stratul-limită (1—1,5 km) necesare aplicării modelelor de calcul.

Detalii privind aparatura utilizată și rezultatele obținute se găsesc în [2].

3. Date privind concentrațiile de bioxid de sulf din atmosferă

Pentru determinarea concentrațiilor de bioxid de sulf din atmosferă a fost amplasată o rețea de 16 puncte de măsură.

Măsurătorile s-au făcut orar pentru a păstra condiția de staționaritate a parametrilor meteorologici. Ele s-au executat conform STAS 10194—75, probele prelevîndu-se automat la 9 din punctele rețelei și manual la restul punctelor.

Din măsurătorile realizate s-au obținut în cadrul experimentului circa 5 000 valori de concentrații de bioxid de sulf, care au stat la baza testării modelelor de calcul.

A fost studiată repartiția statistică a concentrațiilor de bioxid de sulf pentru fiecare punct de măsură și s-a stabilit astfel că repartițiile Eggenberger-Polya și Weibull descriu bine repartițiile empirice în toate punctele de măsură [2].

Detalii privind întregul program de măsurători realizat se găsesc în lucrările [1], [2].

4. Aplicarea unor modele de calcul și compararea cu măsurătorile

Pentru calcularea concentrației de bioxid de sulf s-a utilizat modelul gaussian de dispersie, cu parametrii de dispersie în variantele EPA, ASME, TVA [3].

Calculul supraînălțării penei de fum s-a făcut utilizînd formulele Holland și Moses-Carson [4].

Din ansamblul situațiilor meteorologice în care s-au făcut măsurători, au fost extrase acele situații care respectă condiția de staționaritate, necesară valabilității modelului de dispersie gaussian.

Criteriul de staționare adoptat a fost următorul : direcția vîntului la 500 m înălțime de la ora h și ora (h + 1) să nu difere cu mai mult de 30° și stabilitatea (determinată după metoda Turner) [5], la ora h și ora (h + 1), să fie în aceeași clasă de stabilitate (instabil, neutru, stabil).

Valorile pentru viteza și direcția vîntului utilizate în calcul au fost obținute prin medierea vectorială a valorilor obținute din sondajele-pilot la ora h și ora (h + 1).

În calculul de supraînălțare s-a utilizat viteza mediată la înălțimea coșului (220 m).

Pentru calculul de dispersie s-au utilizat viteza și direcția, mediate la înălțimea efectivă.

S-au calculat concentrațiile orare de bioxid de sulf din atmosferă în punctele de măsură, pentru toate situațiile meteorologice care satisfac condiția de staționaritate.

Pentru evaluarea diverselor modele de calcul s-a făcut o statistică a concentrațiilor măsurate și calculate pentru fiecare punct de măsură, precum și pentru ansamblul punctelor.

Rezultatele sînt prezentate în detaliu în [6].

În cele ce urmează se prezintă concentrațiile medii și frecvențele de apariție a concentrațiilor în intervalele $\leqslant 100$ $\mu g/m^3$, $100 - 250$ $\mu g/m^3$, > 250 $\mu g/m^3$, estimate pe ansamblul punctelor de măsură (tabelul 1).

Analiza preliminară a rezultatelor obținute în cadrul experimentului a condus la următoarele concluzii :

1. Pentru centrale termoelectrice de mare putere, cu coșuri înalte (220 m), cu supraînălțări mari ale penei de fum (600—1000 m), amplasate în văi largi cu dealuri relativ mici (100—200 m), a rezultat posibilitatea utilizării modelului gaussian de dispersie, care descrie satisfăcător repartiția statistică a concentrațiilor măsurate.

2. Analiza măsurătorilor făcute în trei anotimpuri (vară, toamnă, primăvară) a arătat că pentru a descrie corect repartiția statistică a datelor măsurate este necesară o diferențiere a modelului de calcul pe anotimpuri.

3. Pentru *condiții de vară*, utilizarea pentru supraînălțarea penei a formulei Moses-Carson cu parametrii de dispersie EPA, conduce la

Tabelul 1

Media aritmetică a concentrațiilor măsurate și calculate și frecvența de apariție pe intervale, funcție de modelul de dispersie aplicat

Model de dispersie		Experiența	Media aritm. ($\mu g/m^3$)	Intervale-concentr. ($\mu g/m^3$)		
				> 250	$\leqslant 250 \div > 100$	$\leqslant 100$
Măsurate		I	9	2	13	683
		O	10	1	3	190
		M	21	0	11	383
		T1	18	1	14	575
		TG	13	3	27	1258
Moses – Carson	EPA	I	9	3	19	676
		O	5	2	1	191
		M	3	1	2	391
		T1	4	3	3	584
		TG	6	6	22	1260
	ASME	I	21	23	23	652
		O	10	2	2	190
		M	21	10	9	375
		T1	17	12	11	567
		TG	19	35	34	1219
	TVA	I	18	21	13	664
		O	9	2	3	189
		M	21	14	9	371
		T1	17	16	12	562
		TG	18	37	25	1226
Holland	EPA	I	20	18	22	658
		O	15	5	3	186
		M	3	0	4	390
		T1	7	5	7	578
		TG	14	23	29	1236
	ASME	I	35	37	32	629
		O	20	7	4	183
		M	19	9	12	373
		T1	19	16	16	558
		TG	28	53	48	1187
	TVA	I	27	27	27	644
		O	17	4	3	188
		M	20	14	11	369
		T1	19	18	14	558
		TG	23	45	41	1202

Notațiile din coloana „Experiența" au următoarele semnificații:
I — campania iulie 1977
O — campania octombrie 1977
M — campania mai 1978
T1 — campania oct. 1977 — mai 1978
TG — toate campaniile

valori medii și frecvențe de apariție pe intervale de concentrație care sînt în acord bun cu măsurătorile.

Acest rezultat este în opoziție cu recomandările din literatură [3], care utilizează în astfel de cazuri parametrii de dispersie ASME sau TVA (în cazul terenurilor plate). O cauză pentru această neconcordanță poate fi determinată de orografia amplasamentului, care, în timpul verii, din cauza încălzirii puternice a pantelor (ziua) și răcirii puternice (noaptea), conduce la stări foarte instabile sau inversiuni puternice, situații care sînt luate în considerație la parametrii EPA, într-o măsură mai mare decît la parametrii ASME, respectiv TVA.

4. Analiza datelor din *perioada de toamnă* arată că valorile medii și frecvențele pe intervale de concentrații sînt descrise bine cu formula de supraînălțare Moses-Carson și parametrii de dispersie ASME, respectiv TVA.

5. Pentru *perioada de primăvară* valorile medii și frecvențele pe intervale (situate sub valoarea-limită de 250 $\mu g/m^3$) obținute din măsurători sînt în concordanță cu calculele făcute, folosind pentru supraînălțare formula Moses-Carson, respectiv Holland, iar pentru dispersie parametrii ASME, respectiv TVA.

6. Din concluziile de la pct. 3, 4, 5 rezultă că pentru centrale de tipul Mintia, amplasate în condiții similare, calculele de concentrații și de dimensionare a coșurilor să se bazeze pe formula de supraînălțare a penei dată de Moses-Carson și parametrii de dispersie ASME sau TVA.

Bibliografie

[1] * * * *Combaterea poluării mediului ambiant produsă de centralele termice și combaterea influenței poluanților industriali asupra echipamentelor electroenergetice.* ICEMENERG, 1975–1978.

[2] * * * *Studiul dispersiei SO_2 în jurul CTE Mintia.* Contract IMH, 1976–1978.

[3] Ragland, K. T. *Worst case ambiant air concentration from poind sources using for the gaussian plume model.* În : Atm. Env. 5, nr. 10, 1976, p. 371.

[4] Trampf, W. *Formeln zur Berechnung der Schornsteinüberhohnung.* Berlin, 1973.

[5] D. Bruce Turner. *Workbook of Atmospheric dispersion estimates.* EPA, 1970.

[6] * * * *Studiu pentru analizarea formulelor de calcul a dezvoltării penei de fum cu stabilirea eventualelor modificări necesare și alegerea metodelor celor mai eficiente pentru calculul coșurilor de fum, utilizînd datele experimentale obținute la CTE Mintia.* ISPE, 1977–1978.

Contribuția cercetărilor la optimizarea tehnico-economică a turnurilor de răcire în contracurent din România

ing. **Silvia Ciobanu** și ing. **Constantin Dumitru**
— ICEMENERG —

Cercetările întreprinse pînă în prezent pe plan mondial au demonstrat că utilizarea apei calde provenite de la centralele electrice poate deveni rentabilă în agricultură pentru culturi timpurii de legume și fructe (sere sau culturi acoperite) și în creșterea peștilor, cu preponderență în regiunile nordice. Cantitățile de apă necesare în aceste ramuri sînt reduse comparativ cu debitele de apă de răcire ale marilor centrale termo și nuclearoelectrice și prezintă mari variații sezoniere și orare. De asemenea, în cea mai mare parte a cazurilor, apa provenită de la centralele funcționînd în circuit deschis nu asigură temperaturile necesare domeniilor menționate, rezultate interesante obținîndu-se cu apă prelevată din circuit închis [1].

Ținîndu-se seama și de reducerea progresivă în următorii ani a disponibilităților de apă industrială în Europa, rezultă că majoritatea centralelor vor trebui să funcționeze în circuit închis cu turnuri de răcire, considerate ca procedeul cel mai economic de evacuare a căldurii reziduale.

Știindu-se că turnurile de răcire reprezintă în medie 3,7% din investiția pentru o centrală și contribuie la creșterea cheltuielilor anuale, optimizarea lor tehnico-economică este importantă.

O instalație este în general considerată optimă atunci cînd asigură performanțele impuse cu investiții și cheltuieli anuale minime. În ultimii ani, datorită creșterii vertiginoase a prețului combustibililor, se pune de asemenea accentul pe minimizarea energiei înglobate. Pentru marile centrale de condensație, tipul de turn utilizat preponderent este cel cu tiraj natural în contracurent, arătat schematic în figura 1.

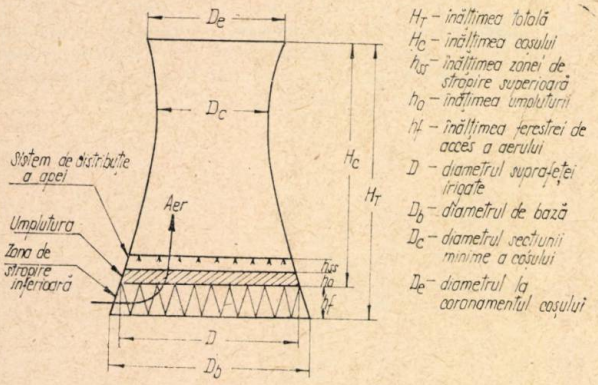


Fig. 1. Schema unui turn cu tiraj natural în contracurent și dimensiunile principale.

Optimizarea tehnico-economică comportă mai multe faze, și anume: dimensionarea tehnologică, dimensionarea constructivă, calculul tehnico-economic și stabilirea variantei optime.

1. Dimensionarea tehnologică

Aceasta comportă două faze consecutive: calculul termic și calculul aerodinamic. Datele de intrare se împart în:

— date impuse:

- debitul de apă, D_1;
- intervalul de răcire a apei, Δt;
- temperatura apei răcite, t_2;
- presiunea barometrică, P_b;
- temperatura și umiditatea aerului, θ_1 și φ_1;

— date alese:

- intensitatea de stropire, q;
- viteza aerului, v;
- tipul umpluturii;
- înălțimea umpluturii, h_0;
- înălțimea zonei de stropire superioare, h_{SS};
- înălțimea ferestrei de acces, h_f.

1.1. *Calculul termic*

Calculul termic se bazează pe transpunerea matematică a legilor care guvernează transferul de căldură și masă la suprafața de contact dintre apă și aer. Datorită complexității relațiilor care caracterizează variația parametrilor aerului și apei pe parcursul procesului, sistemul de ecuații nu are o rezolvare matematică, și în acest caz se procedează la integrarea lui numerică pe calculator [4]. Nu vom intra în amănunte, precizînd numai că, în acest caz, pe baza datelor impuse — D_1, Δt, t_2, P_b, θ_1, φ_1 — și a datelor alese q și v, cu ajutorul programului de calcul se obține variația cifrei de evaporare a lui Merkel, Ke, în funcție de multiplul de aer λ, unde

$$\lambda = \frac{3600 \cdot \gamma_m \cdot v}{\gamma_1 \cdot q}. \qquad (1)$$

Cifra Ke astfel obținută este denumită $Ke_{teoretic}$. Calculul mai furnizează de asemenea și variația greutății specifice a aerului cald, γ_2, cu λ.

În vederea obținerii valorii λ, este necesar să fie cunoscute cifrele de transfer Ke reale ale zonelor din turn care contribuie la schimbul de căldură și masă. Acestea sînt determinate experimental în laborator și în natură și sînt reprezentate matematic prin relații de forma $Ke = C \cdot \lambda^n$.

Pentru fiecare variantă de umplutură și fiecare valoare h_0, h_{SS} și h_f, vom obține o relație de forma:

$$Ke_{real} = C_{Si}\lambda^{nSi} + K \cdot C_0\lambda^{n_0} + C_{SS}\lambda^{nSS} \qquad (2)$$

în care

— C_{Si} și n_{Si} caracterizează zona de stropire inferioară (de sub umplutură) și sînt determinate prin măsurători în natură;

— C_0 și n_0 caracterizează umplutura și sînt determinate prin experimentări de laborator. Pînă în prezent au fost experimentate peste 40 de geometrii și tipuri de umpluturi totalizînd circa 1400 puncte experimentale, pe baza cărora au fost stabilite relațiile de calcul pentru C_0 și n_0, care sînt funcție de parametrii geometrici ai umpluturii;

— K este coeficientul de trecere de la laborator la natură pentru diferite tipuri de umpluturi, stabilit pe bază de măsurători în natură și compararea cifrelor de transfer astfel calculate cu cele obținute în laborator;

— C_{SS} și n_{SS} caracterizează zona de stropire superioară; sînt stabilite pe bază de măsurători în natură și sînt funcție de h_{SS} și q.

Valoarea λ pentru fiecare combinație de parametri de intrare se obține pe calculator prin calcul iterativ la intersecția curbelor $Ke_{teoretic} = f(\lambda)$ și $Ke_{real} = f(\lambda)$. Un exemplu este dat în figura 2, unde este trasată și curba $\gamma_2 = f(\lambda)$.

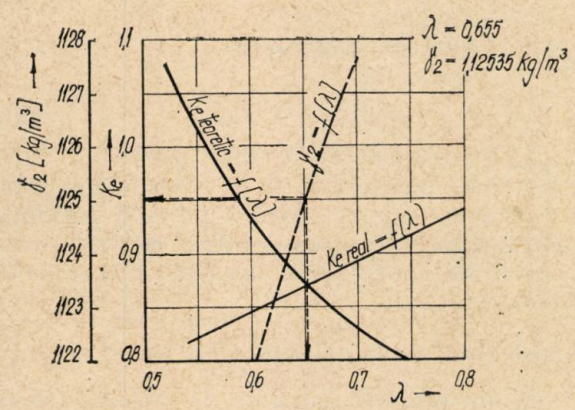


Fig. 2. Modul de obținere a parametrilor de ieșire din calculul termic, λ și γ_2.

1.2. *Calculul aerodinamic*

Se utilizează ca date de intrare: valorile λ, v și γ_2, furnizate de calculul termic. Parametrul principal care intervine în calcul este coeficientul total de rezistență aerodinamică $\zeta_{t\,labor.}$, stabilit în laborator pe modele de turnuri. Prin numeroase experimentări, ICEMENERG a stabilit o relație generală de calcul a lui $\zeta_{t\,labor.}$ pentru turnuri de orice dimensiuni [4].

Structura relației este complicată, incluzînd o sumă de rezistențe parțiale, ale căror formule de calcul au fost stabilite parțial prin modelarea elementelor (stîlpi, grinzi, conducte, reținători de stropi, distribuitor de aer, turn gol etc.) și parțial cu elementele la scară naturală (umplutura). În acest ultim caz, formulele stabilite sînt funcție de tipul și geometria umpluturii, de intensitatea de stropire q și de viteza aerului v. În final, relația de calcul are forma generală

$$\zeta_t = K \cdot \zeta_{t\,labor.}, \qquad (3)$$

în care

K este coeficientul de trecere laborator-natură;

$\zeta_{t\,labor.} = f(R, h_f, q, v,$ tipul și dimensiunile elementelor constructive);

R — raza turnului, care pentru o valoare q aleasă este

$$R = \left(\frac{D_1}{3{,}14\,q}\right)^{0{,}5} \qquad (4)$$

unde D_1 este debitul de apă de răcit.

Cunoscînd valoarea ζ_t, calculată cu formula (3), se obțin mai departe:

— înălțimea de tiraj

$$H_t = \frac{\zeta t \cdot \gamma_m v^2}{2g(\gamma_1 - \gamma_2)} \qquad (5)$$

unde γ_1, γ_2 și γ_m sînt greutățile specifice ale aerului la intrarea în turn, ieșirea din turn și, respectiv, medie, rezultate din calculul termic;

— înălțimea coșului hiperbolic

$$H_c = H_t + 0{,}5(h_0 + h_{SS}) \qquad (6)$$

— înălțimea totală a turnului

$$H_T = H_c + h_f \qquad (7)$$

1.3. *Date finale*

Calculul de dimensionare tehnologică furnizează în final un șir de valori ale înălțimii totale a turnului, H_T, în funcție de datele de intrare alese, care respectă toate condițiile impuse. Pentru fiecare tip de umplutură luat în considerare se obține o variație a lui H_T cu intensitatea de stropire q, deci cu raza turnului R, și cu înălțimile celor trei zone, adică $h_{Si} = h_f$, h_0 și h_{SS}. Numărul de variante posibile este deci foarte mare. De aceea trebuie introduse în calcul elemente de restricție bazate pe experiența de proiectare, pe rezultatele de laborator, pe constatări din exploatare sau pe considerente economice. De exemplu, domeniile de optim ale geometriei și înălțimii umpluturii se pot stabili direct pe baza cifrelor termice și rezistențelor aerodinamice furnizate de laborator, reducîndu-se astfel numărul variantelor. De asemenea, domeniul de optim al înălțimii zonei de stropire superioare poate fi stabilit pe baza rezultatelor experimentale. În plus, se mai pot stabili, pe baza experienței acumulate la noi și în alte țări, domeniile de variație ale rapoartelor adimensionale H_T/D sau h_f/R. De exemplu, în figura 3 este stabilit domeniul de variație al raportului H_T/D pe baza dimensiunilor a 56 turnuri de răcire de mare și foarte mare capacitate din lume [2], [3].

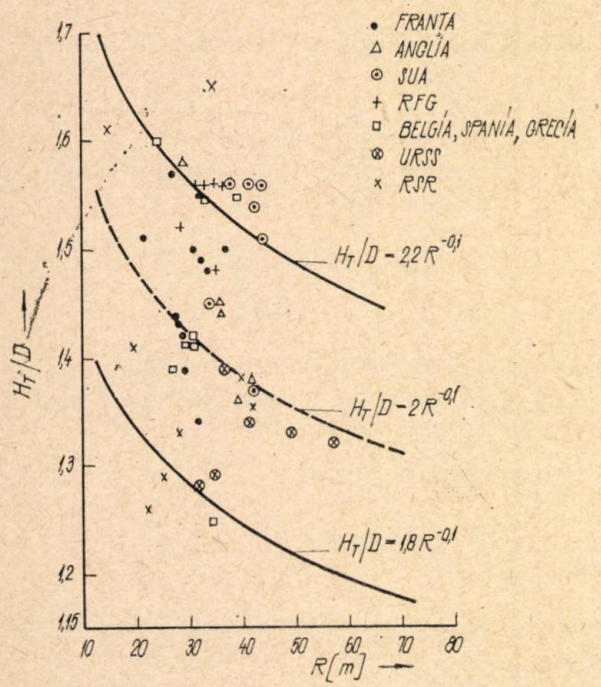


Fig. 3. Domeniul de variație a raportului H_T/D stabilit pe baza dimensiunilor unor turnuri de răcire construite în lume [2], [3].

2. Dimensionarea constructivă

Pentru fiecare combinație de valori R, H_T, h_f, h_0, h_{SS} se stabilesc dimensiunile stîlpilor, grinzilor, fundațiilor etc. Aceste dimensionări nu ridică în general probleme tehnice deosebite. În calculele tehnico-economice în fază de NC se iau în considerare de obicei aceleași dimensiuni ale structurii, indiferent de tipul și dimensiunile umpluturii care determină greutatea ei, urmînd ca la stabilirea variantei optime să se țină seama și de aceste considerente.

Dimensionarea coșului hiperbolic ridică însă probleme de calcul deosebite. El este constituit dintr-o pînză subțire cu dublă curbură, care trebuie calculată static, prin intermediul teoriei elasticității și a momentelor încovoietoare, și dinamic, la pulsații din vînt, seism etc. Trebuie să se țină seama și de eforturile provenite din diferențele de temperatură între interiorul și exteriorul pînzei. Un astfel de calcul, extrem de complicat, nu poate fi efectuat pentru fiecare combinație de parametri luată în considerare. De aceea se dimensionează hiperbola pentru un număr restrîns de combinații R și H_T, obținîndu-se în final variația volumului de beton în funcție de acești parametri.

3. Calculul tehnico-economic

Datele de intrare în calculul tehnico-economic sînt constituite din:

— datele de ieșire ale calculelor de dimensionare tehnologică și constructivă;

— prețuri unitare ale structurii de rezistență (inclusiv coșul hiperbolic) și umpluturii;

— energii înglobate unitare ale structurii și umpluturii;

— cheltuieli de exploatare pentru pompare.

Pentru fiecare combinație de valori R, H_T, h_f, h_0, h_{SS} se obțin astfel investițiile, energiile totale înglobate și cheltuielile anuale. Pentru a reduce numărul de parametri, se utilizează de obicei criteriul de minimizare a cheltuielilor anuale de calcul Z, în care sînt incluse investițiile cu cota lor de amortizare și diferențele de cheltuieli anuale

$$Z = C + pn \cdot I, \tag{8}$$

în care C reprezintă cheltuielile anuale:

$$C = C_{fix} + C_{var.} \tag{9}$$

C_{fix} — cheltuielile anuale fixe pentru retribuții, întreținere etc.;

$C_{var.}$ — diferențele de cheltuieli anuale provenite din pompare și considerate față de varianta care asigură cheltuieli minime;

pn — cota de amortizare;

I — investiția:

$$I = I_{efectiv} + I_{echivalent} \tag{10}$$

$I_{echivalent}$ este constituit din produsul între diferența de putere livrată în sistem (comparativ cu varianta care asigură puterea maximă) și costul unui kW instalat într-o centrală, care ar urma să compenseze această diferență de putere livrată.

4. Stabilirea variantei optime

Pînă în prezent calculul de optimizare se baza pe minimizarea cheltuielilor anuale de calcul, Z. Parametrul Z ar trebui în principiu să reflecte și energia înglobată prin intermediul prețurilor unitare corespunzătoare. Avîndu-se în vedere că o asemenea concordanță nu se constată în toate cazurile, energia înglobată va constitui un criteriu paralel. De asemenea, la stabilirea variantei optime trebuie să se țină seama și de alți factori, cum ar fi productivitatea muncii la execuție, greutatea umpluturii sau problemele de exploatare.

În anul 1980 optimizarea tehnico-economică a fost reluată pe baza criteriului cheltuielilor totale actualizate minime (CTA minim).

5. Exemplu de calcul de optimizare tehnico-economică pe baza criteriului Z_{min}

5.1. Date de intrare și restricții

5.1.1. Date impuse

$D_1 = 40\,000$ m³/h

$\Delta t = 8{,}2$°C

$t_2 = 30$°C

$P_b = 755$ torr

$\theta_1 = 26$°C

$\varphi_1 = 58\%$

5.1.2. Date alese:

$q = 5, 6, 7$ și 8 m³/m²h, respectiv $R = 50{,}48$; $46{,}08$; $42{,}66$ și $39{,}9$ m

$v = 0{,}4$; $0{,}6$; $0{,}8$; $1{,}0$; $1{,}2$; $1{,}4$; $1{,}6$; $1{,}8$; $2{,}0$ și $2{,}2$ m/s

Umpluturi: tipul A cu $h_0 = 1{,}8$ m, tipul B cu $h_0 = 1{,}123$ m, tipurile C_1 și D_1 cu $h_0 = 1{,}0$ m, tipurile C_2 și D_2 cu $h_0 = 1{,}45$ m și tipurile C_3 și D_3 cu $h_0 = 1{,}9$ m

$$h_{SS} = 1{,}4 \text{ m}$$

$$h_f = h_{Si} = 5, 6, 7, 8, 9 \text{ și } 10 \text{ m}$$

— costul combustibilului = 580 lei/t c.c. (lignit cu 7% păcură, din import);

— pentru echivalări, investiția specifică într-o centrală pe lignit = 7500 lei/kW.

Pentru fiecare tip de umplutură se obțin cîte două familii de curbe, ca cele exemplificate în figura 6. Din figurile *a* se obține pentru fiecare raport H_T/D, în dreptul valorii minime a lui Z, intensitatea de stropire q și deci raza și suprafața turnului. Apoi din figurile *b* se obține h_f corespunzător lui q.

Rezultatele calculelor pentru variantele care asigură condiția Z_{min} sînt date în tabelul 2.

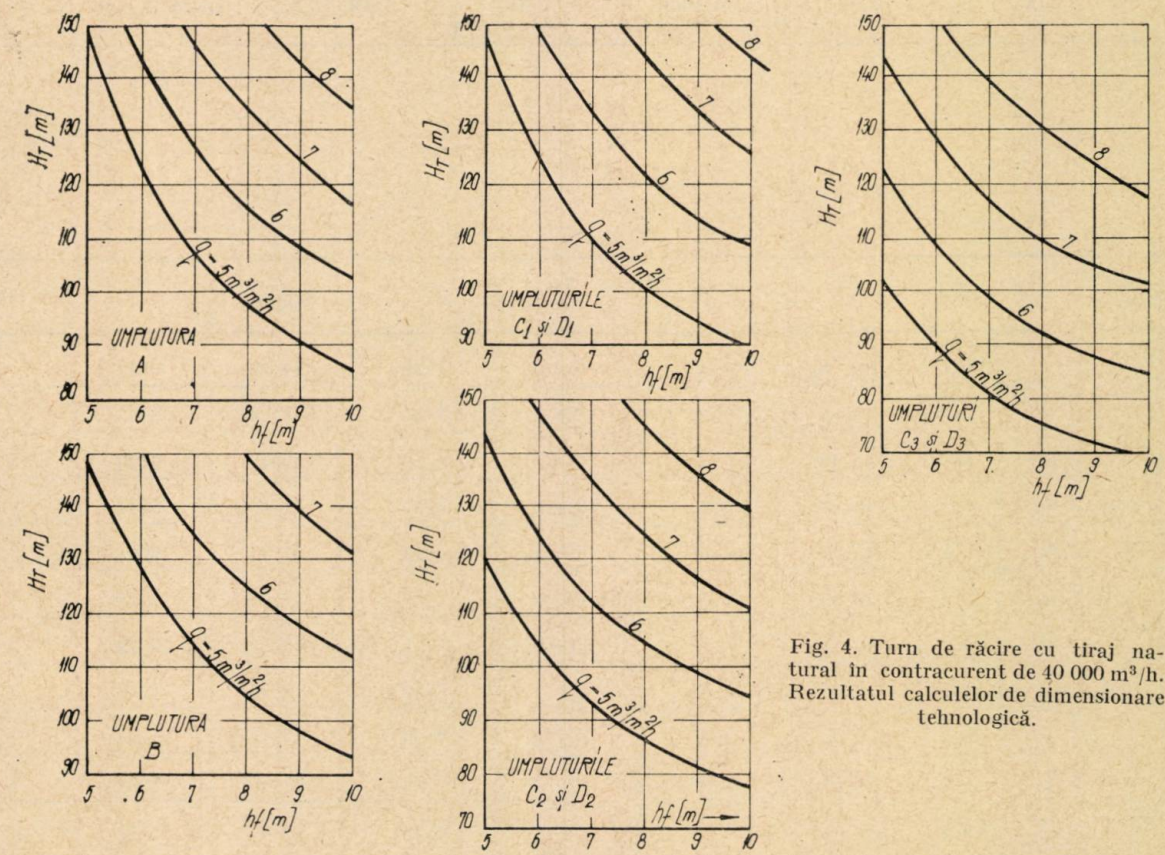


Fig. 4. Turn de răcire cu tiraj natural în contracurent de 40 000 m³/h. Rezultatul calculelor de dimensionare tehnologică.

5.1.3. Restricții

Calculul se va efectua pentru rapoartele $H_T/D = 1{,}8R^{-0{,}1}$, $2R^{-0{,}1}$ și $2{,}2R^{-0{,}1}$ (fig. 3).

Din cauza dificultăților de execuție, înălțimea totală a turnului H_T nu va depăși 150 m.

5.2. În figura 4 sînt date rezultatele calculelor de dimensionare tehnologică. Se constată că pentru fiecare tip de umplutură înălțimea turnului H_T scade cu creșterea înălțimii ferestrei de acces h_f, deci a înălțimii de pompare H_P și cu micșorarea intensității de stropire q, deci creșterea razei turnului R și suprafeței sale.

5.3. Costurile și energia înglobată au fost calculate astfel:

— Pentru structură (inclusiv coșul hiperbolic) investiția și energia înglobată s-au calculat pe bază de indici de proiectare, în funcție de H_T și q (fig. 5).

— Pentru umpluturi, pe baza prețurilor și energiilor specifice conținute în listele republicane. Acolo unde s-au luat în considerare produse noi, calculul s-a făcut ținîndu-se seama de materiile prime și procesul tehnologic. Au rezultat datele din tabelul 1.

Valorile sînt raportate la 1 m² suprafață irigată a turnului de răcire. S-au mai considerat:

— 1 kWh = 0,356 kg c.c. (media pe anul 1978);

În graficele din figura 7 sînt trasate variațiile cheltuielilor anuale de calcul Z și energiei înglobate E, comparativ cu umplutura A, considerată la raportul $H_T/D = 1{,}227$.

5.4. Rezultatele obținute conduc la următoarele concluzii:

— Variația raportului H_T/D nu aduce modificări sensibile ale cheltuielilor anuale de

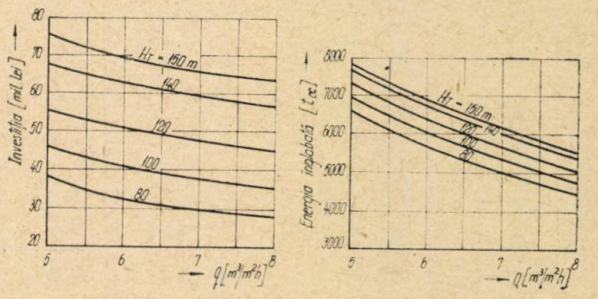


Fig. 5. Investiția și energia înglobată în structură.

Tabelul 1

Umplutura	Greutatea specifică kg/m²	Investiția specifică lei/m²	Energia înglobată specifică t c.c./m²	Umplutura	Greutatea specifică kg/m²	Investiția specifică lei/m²	Energia înglobată specifică t c.c./m²
A	748	1731	0,17645	C_3	190	1527	0,18682
B	461	1392	0,10886	D_1	146	964	0,06339
C_1	160	901	0,09447	D_2	151	1324	0,08625
C_2	175	1214	0,14065	D_3	158	1684	0,10911

Tabelul 2

Relația H_T/D	Umplutura	q m³/m²h	R m	hf m	H_T m	Z mil. lei/an	I mll. lei	E t c.c.	H_T/D
$1,8R^{-0,1}$	A	6,0	46,08	8,4	113,1	7,32	44,18	6184	1,227
	B	5,4	48,57	7,6	118,6	7,20	46,54	6333	1,221
	C_1	5,5	48,13	7,45	117,6	6,53	42,13	6120	1,222
	C_2	5,9	46,47	6,7	114,0	6,32	41,43	6041	1,227
	C_3	6,2	45,33	6,05	111,4	6,27	41,44	6061	1,229
	D_1	5,5	48,13	7,45	117,6	6,60	42,59	5894	1,222
	D_2	5,9	46,47	6,7	114,0	6,43	42,17	5672	1,227
	D_3	6,2	45,33	6,05	111,4	6,40	42,45	5560	1,229
$2\ RR^{-0,1}$	A	6,5	44,27	8,4	121,2	7,20	43,18	5804	1,369
	B	6,0	46,08	8,0	125,7	7,05	44,50	5808	1,364
	C_1	6,0	46,08	7,65	125,7	6,48	41,23	5712	1,364
	C_2	6,4	44,61	7,0	122,1	6,32	38,54	5666	1,368
	C_3	6,8	43,28	6,45	118,8	6,22	40,09	5623	1,369
	D_1	6,0	46,08	7,65	125,7	6,54	41,65	5505	1,364
	D_2	6,4	44,61	7,0	122,1	6,43	39,23	5326	1,368
	D_3	6,8	43,28	6,45	118,8	6,35	41,02	5166	1,369
$2,2R^{-0,1}$	A	7,0	42,66	8,45	129,0	7,17	42,57	5482	1,512
	B	6,4	44,61	8,0	134,3	7,03	44,41	5539	1,505
	C_1	6,4	44,61	7,75	134,3	6,50	41,35	5449	1,505
	C_2	6,8	43,28	7,05	130,7	6,35	40,78	5422	1,510
	C_3	7,2	42,06	6,35	127,3	6,25	40,26	5398	1,513
	D_1	6,4	44,61	7,75	134,3	6,57	41,74	5255	1,505
	D_2	6,8	43,28	7,05	130,7	6,45	41,42	5102	1,510
	D_3	7,2	42,06	6,35	127,3	6,37	41,13	4966	1,513

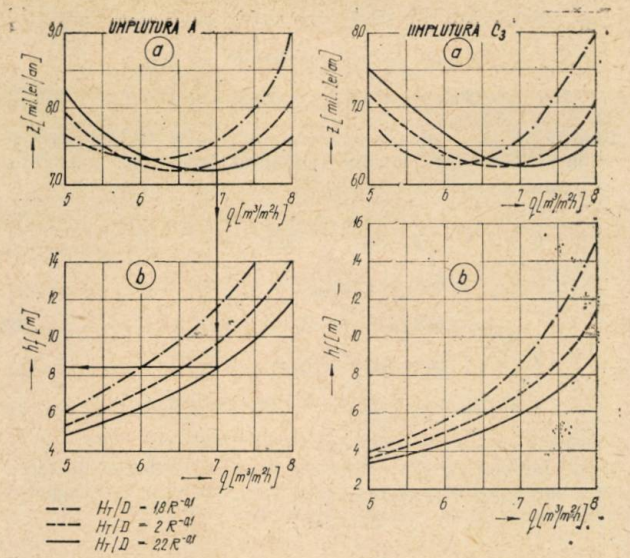


Fig. 6. Variația cheltuielilor anuale de calcul, Z, și a înălțimii ferestrei de acces, h_f, în funcție de intensitatea de stropire, q, pentru două tipuri de umpluturi.

calcul; în schimb, mărirea acestui raport conduce la reduceri importante ale energiei înglobate. La o creștere a raportului H_T/D de la 1,2 la 1,5, energia înglobată scade în medie cu 11% la turnul corespunzător fiecărui tip de umplutură.

— Dintre variantele studiate, umplutura de tipul C_3 asigură cheltuielile anuale minime, iar umplutura de tipul D_3 asigură energia înglobată minimă. Diferențele între ele sînt în medie de 0,13 mil. lei/an pentru cheltuieli

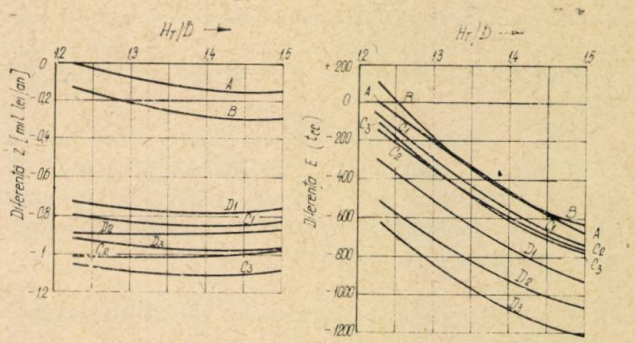


Fig. 7. Diferențele de cheltuieli anuale Z și de energie înglobată, comparativ cu umplutura A, la $H_T/D = 1{,}227$.

în favoarea variantei C_3 și de 480 t c.c. pentru energia înglobată în favoarea variantei D_3. În plus, aceasta din urmă conduce la o greutate a umpluturii mai redusă cu 180 t.

— Variantele A și B sînt cele mai dezavantajoase, în mod special din punctul de vedere al cheltuielilor anuale.

Bibliografie

[1] * * * *Utilizarea apelor de răcire în agricultură și acvacultură.* Raport al guvernului francez la ONU — Comisia economică pentru Europa, oct. 1979.

[2] Baltzinger, D., Boyer, R. și Krivme, G. *Tipuri de răcire folosite în centralele termice.* Comparație economică pentru un grup de 600 MW.

[3] * * * *Turnuri de răcire din centrale moderne.* Energetica-Supliment vol. 4—5, OIDE, 1978 (traducere din limba maghiară).

[4] Ciobanu, S., Cinski, E., Dumitru, C. și Treanță, P. *Tehnologii noi pentru turnurile de răcire din CTE și CNE.* Lucrare ICEMENERG, 1978.

Optimizarea funcționării unor centrale termoelectrice care utilizează apa aceluiași rîu

dr. ing. **Florica Ardeleanu** și matem. **Paul Ghițescu-Treanță** — ICEMENERG —

dr. ing. **Alexandru Măruță** — I.C.B. —

1. În [1] a fost tratată sub aspect global acțiunea capacității de preluare a căldurii reziduale provenită de la termocentrale, de către rîurile unui bazin hidrografic. S-a stabilit, cu acea ocazie, o expresie generală a capacității de preluare a căldurii reziduale în amonte de un punct oarecare al cursului principal, de forma :

$$\dot{Q}_n = \sum_{i=1}^{n} Q_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{Q_i}{G} [\Delta T_{Ri} - G R_i], \qquad (1)$$

în care (n) reprezintă punctul din aval al bazinului hidrografic în care este amplasată ultima termo (atomo) centrală, bazinul fiind compus din n sectoare, sectorul de ordinul i fiind delimitat de puncte în care, în diferite moduri, pot interveni modificări de debit caloric sau/și lichid (surse termice, confluente etc.). În relație, $\dot{Q}$, Q, ΔT_R, G reprezintă, în ordine : cantitatea de căldură, coeficient dimensional de echivalență, R_i fiind funcții care exprimă influența schimbului termic aer-apă în bazin în amonte de secțiunea i.

Aceste funcții se complică atît ca număr de termeni, cît și ca structură a acestor termeni, pe măsură ce $i \to n$, astfel încît, chiar și pentru scheme relativ simple, rezolvarea este dificilă prin metode analitice directe (chiar folosind sisteme automate de calcul). Pe de altă parte, această expresie dă numai posibilitățile bazinului la un moment dat, nu și elemente de detaliu privind funcționarea optimală, în interinfluență, a termocentralelor amplasate în bazin.

Realizarea calculului necesită de asemenea cunoașterea a cel puțin două elemente de bază, care impun relații de calcul auxiliare :

— reconstituirea regimului termic natural al apelor (care nu poate fi cunoscut prin măsurători directe decît în cazul centralelor în proiect) ;

— parametrii hidraulici termici reali cu care intervine fiecare termocentrală, în special sub influența funcționării în paralel a turnurilor de răcire.

Toate acestea au dus la reconsiderarea posibilităților de rezolvare a ecuației (1), prin segmentarea rezolvării pe sectoare distincte, plecînd succesiv dinspre amonte spre aval, în sensul de propagare a interinfluențelor.

2. S-au păstrat condițiile de delimitare a sectoarelor de calcul menționate mai sus, introducîndu-se, pentru punctul de delimitare de ordinul i, relațiile :

Parametrii meteo

TA_i — temperaturi aer (termometru uscat) ;
Tv_i — temperaturi aer (termometru umed) ;
u_i — intensitate vînt.

Debite de apă

Q_{Ri}, A, B, C — debite de apă în emisar în punctul i (A — amonte, B — aval, C — afluent)) ;
Q_i — debit vehiculat (pentru răcire) în centrala i ;
Q_{iR} — debit prelevat din emisar pentru răcire ;
Q_{iT} — debit vehiculat în turnuri ;
DQ_i — consum nerecuperabil în centrală ;
DQ_iT — debit pierdut prin evaporație în turnuri ;
DQ_iB — deficit de debit în emisar în punctul B.

Temperaturi

TR_i, A, B, C — temperatura apei emisarului în punctul i (A — amonte, B — aval, C — afluent) ;
DTR_i — supraîncălzirea admisă în emisar în punctul i, în B ;
TE_i — temperatura de echilibru a apei în punctul i ;
TC_{iR} — temperatura apei reci la intrare în condensatoare ;
TT_{iR} — temperatura apei la ieșire din turnuri ;
DT_i — intervalul de răcire în turnuri ;
DC_i — intervalul de încălzire în condensatoare.

Puteri

N_i — puterea furnizată de centrala i ;
NR_i — puterea asigurată prin evacuarea căldurii în emisar ;
NT_i — puterea asigurată prin răcire în turnuri ;
N — suma puterii furnizate de te mocentralele lanțului ;
N_R — idem, a celei asigurate de emisar.

Alte notații

$X = f(K, Q, q, c, A)$ — coeficient în ecuația de transfer termic (K — coeficient de schimb termic, q — densitate, c — căldură specifică, A — aria de contact aer-apă) ;
J — modul (dimensional) de echivalență ;
(0) — indice pentru valori în regim natural (Q_R, T_R), sau impuse de norme (ΔTR) ;
(j) — indice pentru pași de reciclare în circuitul centralei ;
n — numărul punctelor caracteristice de calcul în emisar ;
PP — program principal ;
SP — subprogram

3. S-au folosit următoarele tipuri de ecuații :

Ecuații de schimb termic aer-apă

$$TR_{i+1} - TE_{i,i+1} = (TR_i - TE_i,\ i + 1) \exp\ (- X_i)$$

folosită în SP_1 pentru calculul regimului termic natural și în PP pentru calculul regimului termic al emisarului în regim modificat.

Ecuații de continuitate

$$QR_iA + QR_iC = QR_iB \qquad a)$$

$$QR_iA - D \cdot Q_i \cdot B = QR_iB \qquad b)$$

$$Q_i = Q_iT + Q_iR \qquad c)$$

$$DTR_i = DTR_{i(0)} - [TR_iA - TR_iA_{(0)}] \qquad d)$$

folosite : a) — în punctele de confluență (PP, SP_1) ; b) — la descărcarea apelor calde ale termocentralelor (în PD) ; c) — în circuitul centralei (SP_2) ; d) — în aval de evacuarea apei calde de la termocentrala i.

Ecuații de bilanț termic

$$QR_iA \cdot TR_iA + QR_iC \cdot TR_iC = QR_iB \cdot TR_iB \qquad a)$$

$$QR \cdot TR_iA + Q_iT \cdot TT_iR = Q_i \cdot TC_iR \qquad b)$$

$$(Q_iR \cdot DQ_i \cdot B)_0 \cdot TC_iC + (QR_iA - Q_iR)TR_iA = QR_iB \cdot TR_iB) \qquad c)$$

folosite : a) — în punctele de confluență (PP, SP_1) ; b) — în circuitul centralelor (SP_2) ; c) — în punctele de descărcare a apei calde (PP).

Ecuații de echivalență puteri-parametri hidraulici

$$N = Q \cdot DT/J$$

pentru calculul puterii capabile a emisarului (N_i, NR_i) și al debitului Q_i necesar centralei pentru răcire (PP, SP_2).

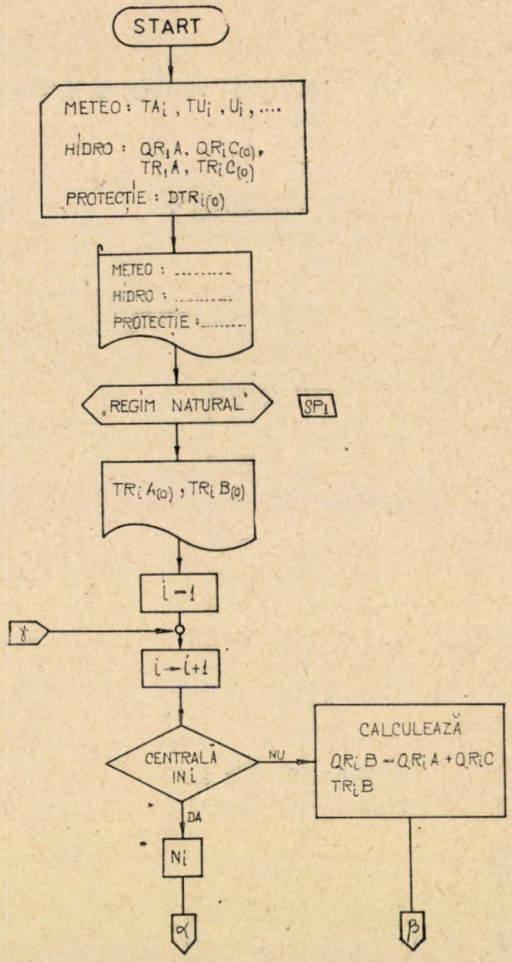
La aceste ecuații se adaugă relațiile specifice de calcul ale răcirii apei în turnuri, în funcție de tipul și performanțele turnurilor cu care sînt înzestrate termocentralele.

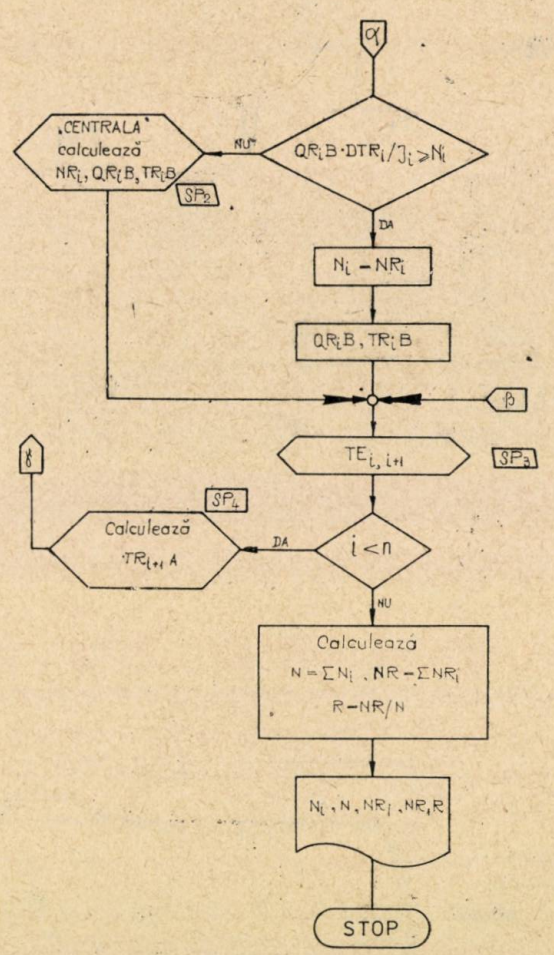
4. S-a alcătuit o schemă de calcul de bază care calculează, pentru fiecare centrală din lanț, cota-parte NR_i din puterea utilă a cărei căldură reziduală poate fi primită de emisar în limitele normelor de protecție, precum și puterea totală NR preluată de apele emisarului, pînă (inclusiv) în dreptul ultimei centrale din aval. Schema de calcul, devenită program principal (PP), necesită :

— precizarea prealabilă a regimului natural (prin reconstituire, funcție de temperaturile meteo și distribuția debitelor în bazin la un moment dat) (subprogramul SP_1) ;

— precizarea influenței fiecărei centrale (modificări de debite și de temperatură ale emisarului), în funcție de specificul circuitului de răcire și al altor consumatori de apă în centrală (de exemplu : evacuarea hidraulică a zgurii și cenușii) (subprogramul SP_2) ;

— calculul schimbului termic aer-apă pe fiecare sector, precedat de determinarea temperaturii de echilibru a apei (subprogram SP_3 și SP_4).





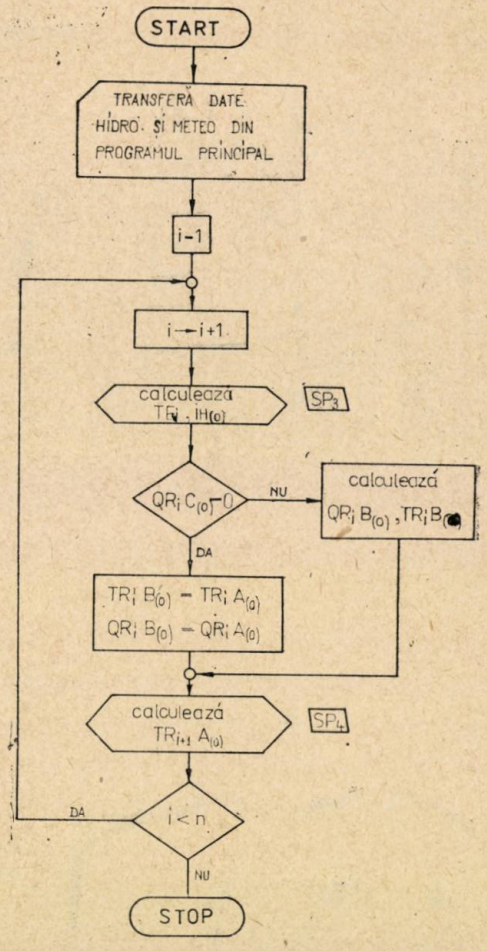


Fig. 1. Programul principal — *PP*.

Fig. 2. Subrøutine „Regim Natural" — SP_1.

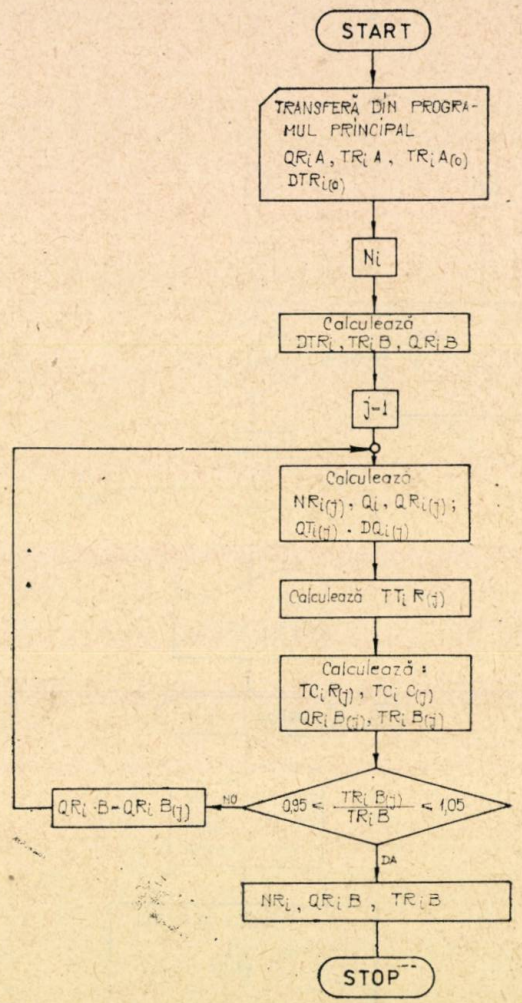


Fig. 3. Subrøutine „Centrala" — SP_2.

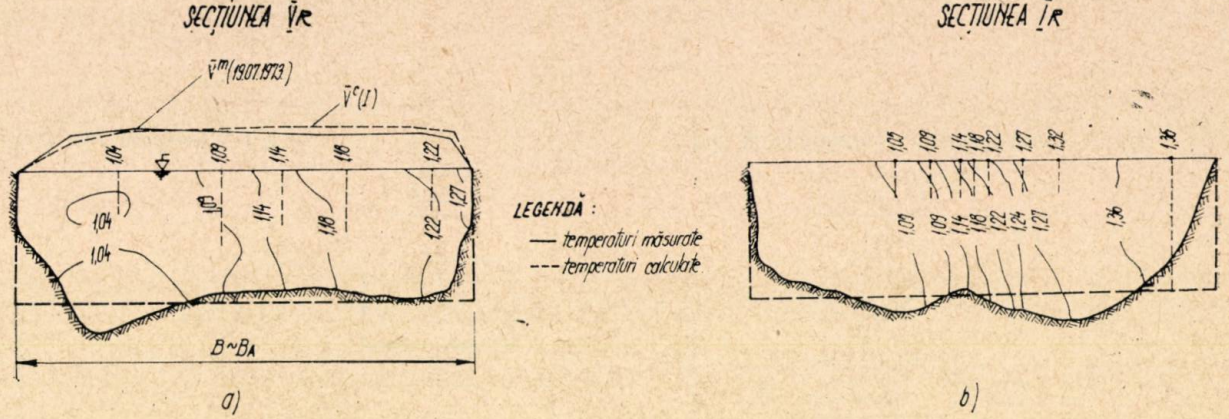


Fig. 4.

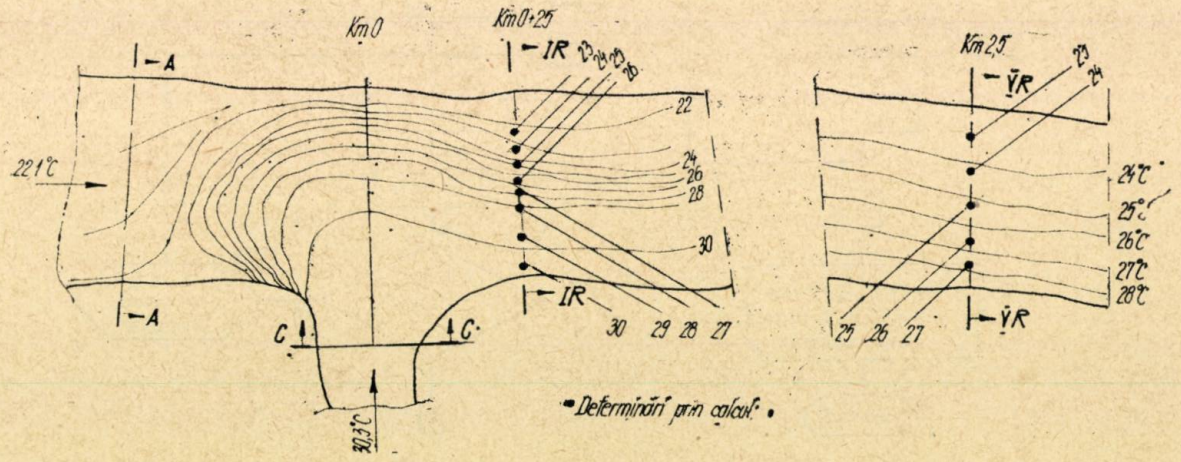


Fig. 5.

În figurile 1—3 sînt prezentate schemele logice de calcul pentru programul principal (fig. 1), precum și pentru subprogramele SP_1, SP_2 (fig. 2 și 3), care conțin elemente de noutate ; subprogramele SP_3 și SP_4 sînt cunoscute și intrate în uz și au fost verificate de colectiv

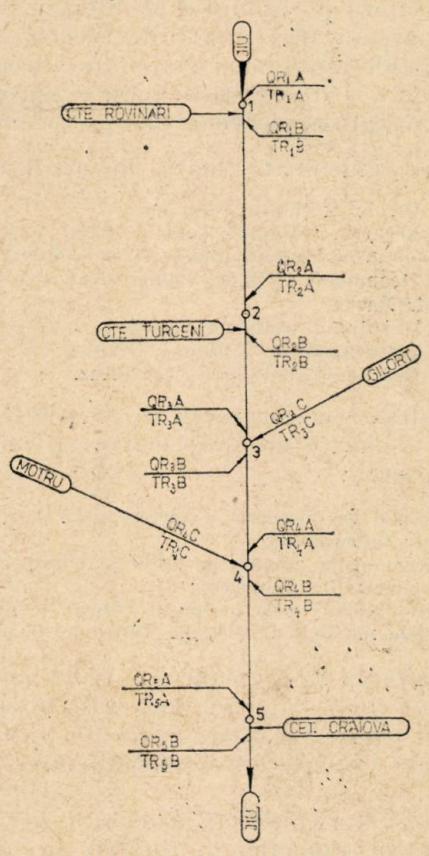


Fig. 6. Schema de calcul.

prin confruntare cu măsurători, în anii trecuți [3], în aval de termocentralele Rovinari (pe rîul Jiu) și Mintia (pe rîul Mureș).

Coincidența calculelor cu măsurătorile făcute este ilustrată în figurile 4 și 5.

În figura 6 se prezintă, ca exemplu, modul de alcătuire a schemei de calcul pentru sectorul Rovinari-Craiova, pe rîul Jiu, în cazul funcționării în lanț a centralelor Rovinari, Turceni, Craiova.

5. Schema de calcul, în prezent în testări pentru exemplul din figura 4, urmărește stabilirea rapidă a schemei optime de funcționare a celor trei centrale, în condiții hidrometeorologice și de restricții date privind încălzirea rîului Jiu, funcție de puterea furnizată în sistemul energetic la momentul respectiv.

Calculele preliminare au conturat ideea că realizarea capacității maxime de preluare a căldurii reziduale de către emisar se obține de regulă atunci cînd fiecare centrală realizează parametrii de încălzire maxim admiși ai emisarului.

Rezultatele astfel obținute se explică prin aceea că schimbul termic apă-aer este mai intens la gradient de temperatură mai ridicat.

Programul probabil că va decide numai cota-parte din puterea ce poate fi asigurată pentru fiecare centrală într-un moment hidrometeorologic dat, prin degajarea căldurii reziduale în Jiu.

Bibliografie

[1] Ardeleanu, Fl. și Măruță, Al. *General problems of the evolution of waste heat discharged from thermal and nuclear power plants in the emissary and the aquatic medium protection.* Congresul asupra protecției apelor mării, lacurilor și rîurilor, al Conferinței permanente a inginerilor din sud-estul Europei, Belgrad, oct. 1976.

[2] Măruță, Al., Ardeleanu, Fl. și Stere, C. *Impactul termic al amenajărilor cu caracter energetic cu mediul acvatic.* Buletinul științific MEI — Inst. de Construcții București, 1977.

[3] * * * *Cercetări privind capacitatea de preluare de către emisari a căldurii reziduale provenite de la centralele termoelectrice.* ICEMENERG — Memoriu nepublicat, 1975.

Metodă de prognoză hidro a apelor mici din sezonul cald, în bazinele amenajate hidroenergetic

dr. **Gheorghe Popa**
hidr. pr. **Cornelia Stoia**
matem. **Georgeta Stănciulescu**
— ICEMENERG —

În stadiul actual de amenajare a rețelei hidro și cu atît mai mult în etapa viitoare (1990), cînd se va definitiva amenajarea integrală a rîurilor interioare ale țării noastre, se impune realizarea unei exploatări raționale a acumulărilor, în funcție de condițiile hidrometeorologice ale anului respectiv, de secetă sau de exces de umiditate.

Particularitățile climatice ale zonei muntoase se pun în evidență în mod pregnant în regimul de scurgere a rîurilor din această zonă.

În variația anuală a scurgerii se observă mai multe perioade caracteristice (fig. 1), astfel :

— o perioadă a apelor mari de primăvară, rezultate din topirea zăpezilor acumulate în bazin și din ploi, care reprezintă aproximativ 50% din volumul anual al scurgerii ;

— două perioade de ape mici, una în sezonul rece al anului și alta în sezonul cald, cînd rîurile sînt alimentate aproape exclusiv din

apele subterane, în care scurgerea reprezintă aproximativ 10—15% din volumul anual. Perioadele respective prezintă importanță deosebită pentru economie, în special cea din sezonul

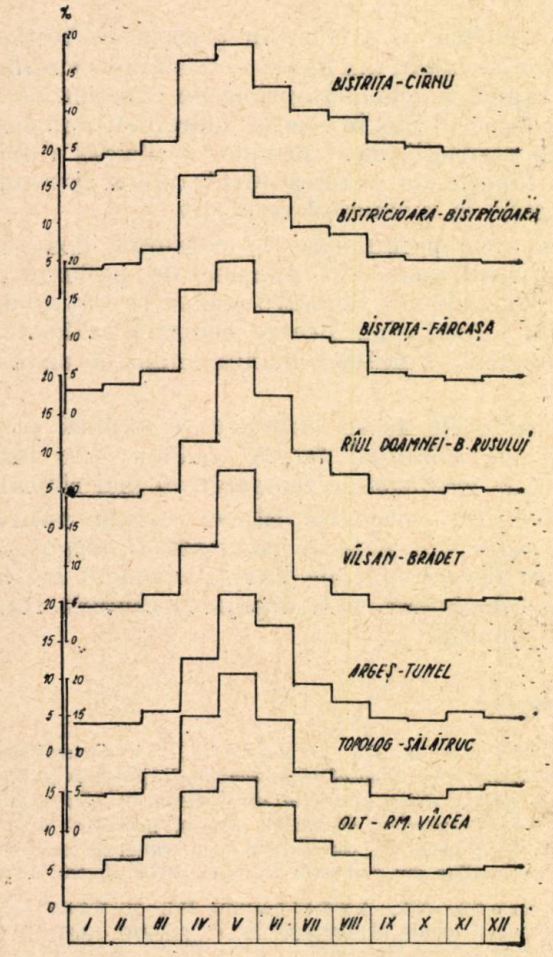


Fig. 1. Variația anuală a scurgerii.

cald al anului, cînd cerințele de apă cresc foarte mult datorită necesităților de irigații din agricultură.

Cunoașterea cu anticipație a acestei perioade sub aspectul duratei, al intervalului cînd are loc, dar mai ales sub aspectul debitelor ce se înregistrează pe cursurile de apă, respectiv o prognozare a acestor elemente, prezintă o importanță deosebită în exploatarea centralelor hidroelectrice, în optimizarea exploatării sistemului hidroenergetic, precum și în gospodărirea rațională a resurselor de apă.

În contextul prognozelor pentru hidroenergetică, în scopul optimizării exploatării marilor lacuri de acumulare și al planificării producției de energie electrică, prin „ape mici" definim, pentru sezonul cald, debitele medii minime din intervalul cuprins între sfîrșitul apelor mari de primăvară, sau al viiturilor de vară, și începutul ploilor de toamnă, sau data de 30 noiembrie, în lipsa acestora.

1. Analiza elementelor de elaborare a prognozelor în sezonul cald

Pentru alegerea modelului de prognoză a apelor mici din sezonul cald, s-a plecat de la analiza regimului scurgerii rîurilor, fiind cunoscut faptul că în sezonul cald intervin perioade mai lungi sau mai scurte de secetă, în care precipitațiile lipsesc, iar evaporația directă este importantă, scurgerea realizîndu-se aproape exclusiv pe seama rezervelor de apă subterană.

Rîurile amenajate luate în analiză sînt:

- rîul Olt în secțiunea Rm. Vîlcea;
- rîul Argeș în secțiunea Tunel și baraj Vidraru;
- rîul Vîlsan în secțiunea Brădet și nod hidraulic Vîlsan;
- Rîul Doamnei în secțiunea Bahna Rusului și nod hidrotehnic Baciu;
- rîul Bistrița în secțiunea Fărcașa;
- rîul Bistricioara în secțiunea Grințieș;
- rîul Bistrița în secțiunea Cîrnu-Bicaz.

Din analiza efectuată au fost reținute următoarele elemente necesare elaborării modelului de prognoză:

- intervalul de producere a apelor mici;
- durata intervalului;
- debitul mediu minim pe intervalul respectiv;
- data medie de producere;
- debitul minim de la începutul viiturii de primăvară;
- debitele maxime de vîrf ale viiturilor de primăvară.

Delimitarea intervalului s-a făcut pe fiecare hidrograf anual în parte, pentru toate secțiunile luate în studiu, pe toată perioada pentru care s-a dispus de date din observații directe (1943—1978).

Durata intervalului, exprimată în zile, variază între 15 și 120 zile, în funcție de condițiile climatice ale anului respectiv.

Debitul mediu minim al sezonului cald ($\bar{Q}_{mc}$) reprezintă valoarea medie a debitelor din intervalul stabilit, rezultat din suma debitelor raportată la numărul de zile din interval.

$$\bar{Q}_{mc} = \frac{\sum Q_i}{n} \qquad (1)$$

Acest debit este caracterizat prin valorile cele mai scăzute din sezonul respectiv, cît și prin stabilitatea lui în timp ca urmare a alimentării rîurilor aproape în exclusivitate din apele subterane. Valorile acestor debite, determinate pe perioada pentru care s-a dispus de date, au format șiruri statistice utilizate în modele de prognoză.

Ca dată medie de producere a debitului minim în cele două sezoane s-a considerat mijlocul intervalului.

2. Stabilirea modelului matematic de prognoză

În alegerea modelului de prognoză cu interval mare de anticipație pentru apele mici din sezonul cald, s-a utilizat metoda bazată pe analiza

factorilor hidrometeorologici din perioada precedentă.

În căutarea legăturilor corelative între aceste elemente, s-au avut în vedere următoarele condiții de bază :

— să existe o legătură fizică între elemente, fundamentată genetic ;

— parametrii respectivi să fie ușor de obținut și utilizat ;

— abaterile valorilor de la relație să fie minime ;

— anticiparea prognozei să fie mare.

Dintr-o multitudine de relații încercate s-a reținut cea ale cărei abateri medii pătratice prezintă valorile cele mai mici, avînd forma :

$$\bar{Q}_{mc} = f(r) \tag{2}$$

în care

$\bar{Q}_{mc}$ este debitul mediu minim zilnic din sezonul cald, m³/s ;

r — raportul dintre media debitelor maxime ale undelor de viitură a apelor mari din perioada primăvară-vară și debitul mediu minim zilnic de la începutul apelor mari de primăvară

$$r = \frac{\sum Q_{max\ pr}}{n \cdot Q_{mi}} \tag{3}$$

unde

$Q_{max\ pr}$ este debitul maxim (valori medii zilnice) al undelor de viitură*) ;

n — numărul undelor de viitură din perioada primăvară-vară ;

Q_{mi} — debitul mediu minim zilnic de la începutul apelor mari de primăvară.

Relația (2) evidențiază legătura fizică ce există între debitul mediu minim din sezonul cald, pe de o parte, rezervele de apă subterane de la sfîrșitul sezonului rece și apele mari de primăvară, pe de altă parte.

Stabilirea, sub aspect hidrologic, a elementelor necesare elaborării prognozelor conduce, din punct de vedere matematic, la determinarea datelor care trebuie luate în corelație.

Corelația presupune două probleme fundamentale :

— caracterizarea intensității legăturii printr-un coeficient numeric, independent de unitățile de măsură ale datelor corelate ;

— descrierea legii de variație medie a unor date funcție de altele, cunoscută sub denumirea de problema regresiei și rezolvată pe baza funcției de regresie.

În urma mai multor analize făcute s-a luat în considerare relația de forma (2) pentru prognoza debitului mediu din sezonul cald.

*) În alegerea debitelor maxime nu s-au luat în considerare viiturile secundare de mică amploare.

Datorită unei dispersări aleatorii a datelor obținute din măsurători, pentru anumite seturi de date, coeficientul de corelație poate fi diferit de zero, chiar și atunci cînd acestea sînt independente, fapt ce impune verificarea în mod obligatoriu a semnificației coeficientului empiric de corelație.

Semnificația coeficientului de corelație se verifică cu ajutorul testului „t" al lui Student calculat după relația :

$$t_{calculat} = \frac{|r|\sqrt{n-2}}{1-r^2}, \tag{4}$$

unde r este coeficientul empiric de corelație.

Pentru un anumit nivel de semnificație ales și un număr de grade de libertate, $f = n - 2$, din tabelele corespunzătoare testului „t" se scoate o valoare a lui t, $t_{teoretic}$.

Dacă $t_{calculat} > t_{teoretic}$, putem afirma că legătura între seturile de date luate în considerare este semnificativă.

În tabelul 1 se dau rezultate obținute pentru o probabilitate de 95%.

Tabelul 1

Verificarea semnificației corelației ($t_{calc.} > t_{teor.}$) cu probabilitate 95%

Nr. crt.	Rîul	Secțiunea	t_{calc}	t_{teor}	Abaterea medie pătratică	Coef. de corelație
1	Vîlsan	Brădet	42,29	2,07	0,33	0,94
2	Rîul Doamnei	Bahna Rusului	60,67	2,07	0,96	0,96
3	Bistrița	Fărcașa	47,12	2,09	3,95	0,95
4	Bistricioara	Grințieș	27,03	2,10	0,99	0,92
5	Argeș	Tunel	33,50	2,04	0,86	0,92
6	Bistrița	Cîrnu	60,78	2,09	5,9	0,96
7	Olt	Rm. Vîlcea	21,92	2,10	13,8	0,91

Odată stabilită semnificația corelației, urmează să stabilim forma analitică a funcțiilor f din relația (2).

Din reprezentarea grafică a acestor funcții se observă o dispunere liniară a punctelor (fig. 2).

Ipoteza liniarității funcțiilor este admisă numai în cazul verificării relației :

$$r - t_{teor.} \cdot \sigma_r < r_{xy} = r_{yx} < r + t_{teor.} \cdot \sigma_r, \tag{5}$$

unde

r este coeficientul de corelație ;

$t_{teoretic}$ — din tabele ;

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}} ,$$

$r_{xy} - r_{yx}$ — corelația lui x, respectiv y, asupra lui y, respectiv x.

În tabelul 2 sînt prezentate rezultatele obținute, referitoare la relația (4), pentru o probabili-

Tabelul 2

Verificarea liniarității — relația (4)

Nr. crt.	Riul	Secțiunea	r	t_{teor}	σ_r	r_{xy}	r_{yx}	$r - t_{teor}\sigma_r$	$r - t_{calc}\sigma_r$
1	Vîlsan	Brădet	0,949	2,07	0,020	0,974	0,974	0,907	0,990
2	Riul Doamnei	Bahna Rusului	0,962	2,07	0,015	0,980	0,980	0,930	0,993
3	Bistrița	Fărcașa	0,954	2,09	0,019	0,977	0,977	0,914	0,993
4	Bistricioara	Grințieș	0,924	2,10	0,033	0,961	0,961	0,441	1,17
5	Argeș	Tunel	0,924	2,04	0,039	0,951	0,961	0,884	1,00
6	Olt	Rm. Vîlcea	0,907	2,10	0,040	0,952	0,952	0,822	0,991
7	Bistrița	Cîrnu	0,963	2,09	0,015	0,981	0,981	0,931	0,994

tate de 95%, fapt care ne îndreptățește să admitem ipoteza făcută asupra liniarității funcțiilor f.

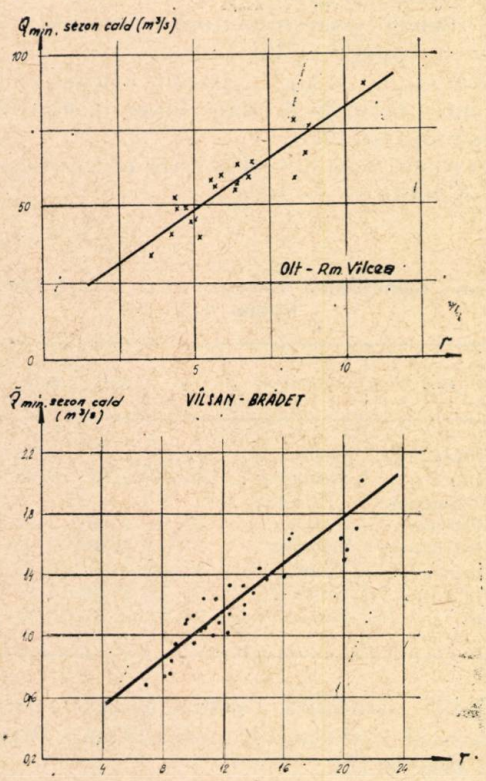


Fig. 2. Relația $\bar{Q}_{mc} = f(r)$.

Ecuațiile dreptelor $f(y = Bx + A)$ sînt ecuații de regresie cu care se estimează valorile cele mai probabile ale funcției, corespunzătoare anumitor valori date argumentelor. Coeficienții A și B se determină utilizînd metoda celor mai mici pătrate.

Extrapolarea în viitor a dreptei de regresie necesită o atentă verificare prealabilă, lucru ce se realizează prin studiul semnificației coeficientului de regresie B.

Semnificația coeficientului de regresie se stabilește tot cu ajutorul testului „t" al lui Student, definit de relația :

$$t_{calc} = \frac{B\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right](n-2)}}{\sqrt{\sum y^2 - A\sum y - B\sum xy}} \qquad (6)$$

Pentru $t_{calculat} > t_{teoretic}$ (din tabele) se consideră coeficientul B semnificativ. Din tabelul 3 se observă că această condiție este realizată în toate cazurile cu o probabilitate de 95%.

Intervalul de încredere pentru B cu o anumită probabilitate aleasă este dat de relația :

$$B \pm t_{teor.}\sqrt{\frac{\sum y^2 - A\sum y - B\sum xy}{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right)(n-2)}} \qquad (7)$$

Pentru fiecare secțiune sînt date dreptele de regresie pentru probabilitățile de 60% și 70%.

Caracterul adecvat al ecuației de regresie se verifică direct prin compararea valorilor estimate cu cele observate.

Tabelul 3

Verificarea semnificației lui B ($T_{calc} > T_{critic}$)

Nr. crt.	Riul	Secțiunea	T calculat	T critic	Dreapta de regresie $y = Bx + A$	Intervalul de încredere pt. B	
						prob. de 60%	prob. de 70%
1	Vîlsan	Brădet	13,8	2,06	$y = 0{,}077x + 0{,}241$	(0,073 ; 0,0833)	(0,072 ; 0,084)
2	Riul Doamnei	Bahna Rusului	16,5	2,07	$y = 0{,}293x + 0{,}577$	(0,278 ; 0,309)	(0,275 ; 0,312)
3	Bistrița	Fărcașa	14,0	2,09	$y = 0{,}571x + 4{,}87$	(0,536 ; 0,606)	(0,528 ; 0,615)
4	Bistrița	Cîrnu	16,2	2,09	$y = 1{,}078x + 0{,}060$	(1,021 ; 1,136)	(1,008 ; 1,149)
5	Argeș	Tunel	12,8	2,04	$y = 0{,}308x + 0{,}161$	(0,288 ; 0,329)	(0,283 ; 0,334)
6	Olt	Rm. Vîlcea	9,18	2,10	$y = 6{,}68\ x + 15{,}4$	(6,06 ; 7,32)	(5,91 ; 7,46)
7	Bistricioara	Grințieș	27,0	2,10	$y = 0{,}209x - 0{,}133$	(0,192 ; 0,277)	(0,188 ; 0,231)

Valorile estimate sînt valori probabile, grevate de incertitudine, dependența dintre x și y fiind de natură statistică.

Dacă funcția de modelare a dependenței statistice a „rezistat" verificării, nu rămîne decît să se extrapoleze pentru perioada de previziune aleasă.

Evident, un model de corelație nu poate fi proiectat cu eficiență pe perioade prea îndepărtate, deoarece gradul de influență al factorilor luați în considerare variază odată cu variația factorilor înșiși și nu este exclus să intervină factori și condiții noi, necunoscute la elaborarea inițială a modelului. Din această cauză, după o anumită perioadă se impune reconsiderarea modelului și implicit a factorilor care influențează fenomenul.

3. Analiza modului de realizare a prognozelor

Pe baza modelului matematic stabilit, ținînd seamă de condițiile impuse, în funcție de coeficientul de corelație și abaterea medie pătratică (tabelul 4), utilizînd ecuațiile din tabelul 3, s-au determinat, pentru toate secțiunile luate în studiu, debitele prognozate și abaterea lor în procente față de valorile înregistrate.

Datele astfel obținute sînt prezentate tabelar (tabelele 4—8) și grafic (fig. 3 și 4).

Verificarea metodei de prognoză s-a făcut pe baza criteriului de comparație atît cu valorile înregistrate, cît și cu valorile debitelor prognozate după valoarea medie (normală). Erorile debitelor prognozate exprimate în procente sînt prezentate în aceleași tabele (tabelele 4—8).

Caracterizarea erorilor prognozelor debitelor minime din sezonul cald s-a făcut pe baza

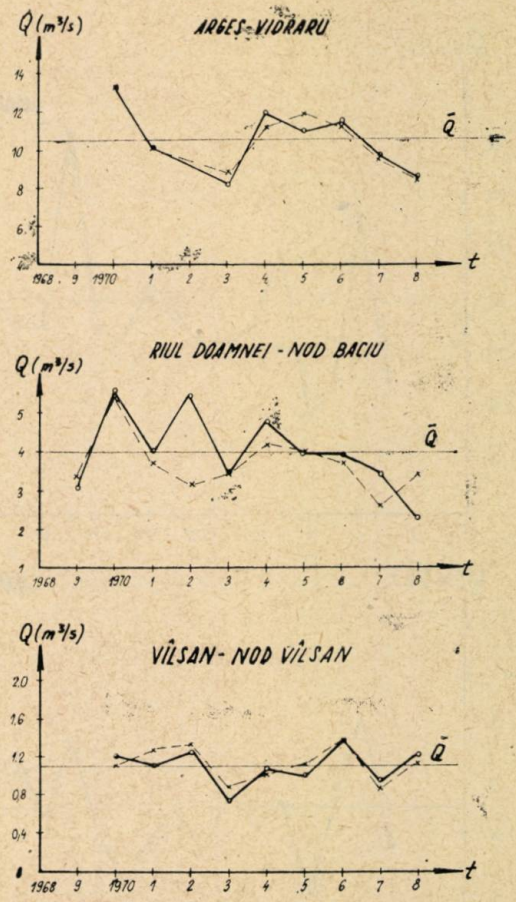


Fig. 3. Reprezentarea grafică a debitelor :
—x— prognozate; —— înregistrate.

curbelor de asigurare a erorilor comparativ cu erorile debitelor prognozate după valoarea medie (tabelele 4—8 și fig. 5), rezultînd următoarele :

— În toate secțiunile, erorile de prognozare a debitului mediu minim din sezonul cald sînt

Tabelul 4

Erorile debitului mediu minim din sezonul cald al rîului Argeș în secțiunea Tunel

Anii	Debit mediu minim real	Debit minim prognozat	Erori ale debitului prognozat, %		Anii	Debit mediu minim real	Debit minim prognozat	Erorile debitului prognozat, %	
			după relație	după normală				după relație	după normală
1943	2,80	2,97	6,1	24,3	1958	3,97	3,77	— 5,0	—12,3
4	5,26	5,13	— 2,5	—33,8	9	4,22	4,17	— 1,2	—17,5
5	3,64	3,83	4,9	— 4,4	1960	3,38	3,40	0	3
6	1,87	1,40	—25,0	86,1	1	3,18	2,72	—14,5	9,4
7	3,58	3,59	0	— 2,8	2	2,74	3,42	25	27
8	3,10	3,40	9,7	4,2	3	2,20	2,91	32,3	58,2
9	3,82	4,17	9,2	— 8,9	4	3,62	3,34	— 7,7	— 3,9
1950	2,66	3,06	15,0	30,8	5	1,96	2,26	15,3	77,6
1	3,43	3,18	— 7,3	1,5	1970	4,78	4,54	— 5,0	—27,2
2	2,90	2,72	— 6,2	20,0	1	3,66	3,49	— 4,6	— 4,9
3	2,10	2,69	28,1	65,7	3	2,88	2,97	3,1	20,8
4	3,13	2,78	—11,2	11,2	4	4,25	3,96	— 6,8	—18,1
5	4,80	3,28	—32,0	—27,5	5	4,62	4,85	5,0	—24,7
6	3,36	3,34	0	3,3	6	4,65	4,57	— 1,7	—25,2
7	4,53	4,23	— 6,6	—23,2	—				

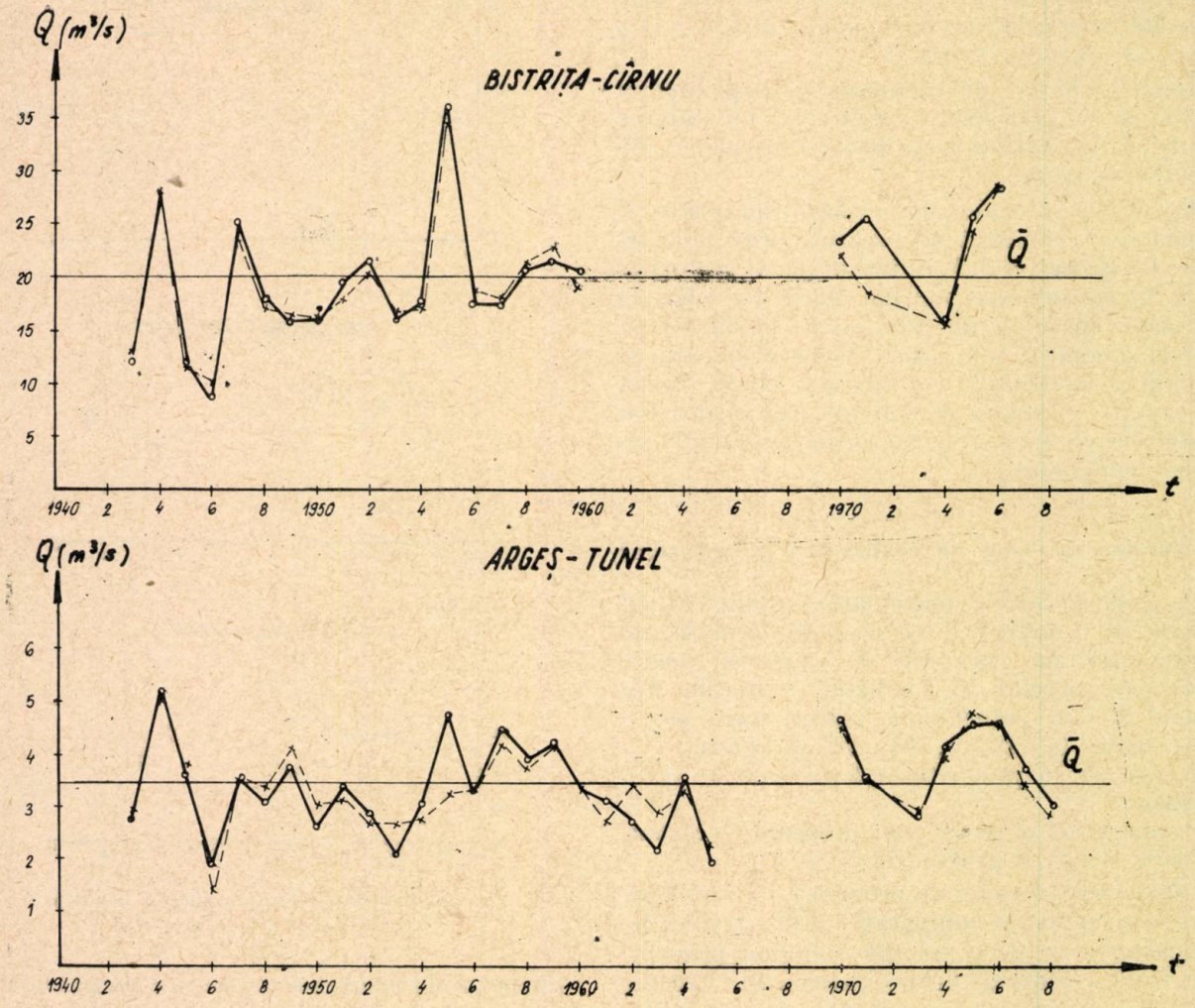


Fig. 4. Reprezentarea grafică a debitelor :
—x— prognozate ; —— înregistrate.

mai mici decît abaterile de egală probabilitate ale scurgerii față de valoarea medie (normală), curbele erorilor de prognozare a debitului după relație situîndu-se mult sub curbele abaterilor de la valoarea medie (normală) a scurgerii. Aceste depășiri ale asigurării admisibile a prognozei în comparație cu asigurarea abaterii față de normală, la eroarea admisibilă de $\pm 20\%$ ating 60% (tabelul 8).

— În limitele erorilor admisibile de prognozare a debitului de $\pm 20\%$ din debitul real, se încadrează peste 85% din numărul de cazuri pentru toate secțiunile. După valoarea medie (normală) pentru același număr de cazuri (%), erorile depășesc $\pm 30-40\%$ din debitul real (fig. 5). La eroarea admisibilă de $\pm 20\%$, numărul de cazuri de depășiri în procente ale erorilor prognozate după valoarea medie (normală), față de cele prognozate după relație, ajung la 50% (tabelul 8).

În ce privește intervalul de producere a debitului mediu minim zilnic, din analiza efectuată el s-a încadrat între datele 1 sept. — 20 noiembrie, cu o durată de 70 zile (fig. 6).

Din prelucrările efectuate, a rezultat că data medie de producere a debitului mediu minim zilnic în secțiunile analizate se situează astfel : Olt - Rm. Vîlcea — 14 oct. ; Argeș-Tunel — 24 sept. ; Vîlsan-Brădet — 8 sept. ; R. Doamnei—Bahna Rusului — 12 sept. ; Bistrița-Cîrnu — 23 sept. ; Bistrița-Fărcașa — 30 sept. ; Bistricioara-Grințieș — 11 oct. (tabelul 8).

Caracterizarea erorii datei de producere a debitelor medii minime s-a făcut pe baza curbelor abaterilor de la data medie. Erorile variază pentru 80% din cazuri, în secțiunile analizate, de la 13 la 25 de zile (fig. 7). Aceste erori ale datei le considerăm acceptabile ținînd seama de faptul că durata debitelor minime este în mod frecvent de 2—3 luni.

Tabelul 5

Erorile prognozelor debitului mediu minim din sezonul cald al riului Olt, în secțiunea Rm. Vilcea, și Bistrița, în secțiunea Făreașa

Anii	Olt — Rm. Vilcea				Bistrița—Fărcașa			
	Debitul mediu minim real	Debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat		Debitul mediu minim real	Debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat	
			după relație	după normală			după relație	după normală
1953	40,2	43,5	8,2	45,5	11,7	12,1	3,4	3,5
4	58,8	71,0	20,7	−0,6	14,3	14,5	1,4	10,5
5	86,0	60,9	−29,0	−32,0	24,8	24,6	−0,8	−36,3
6	49,0	44,9	−8,4	19,4	15,4	16,8	9,0	2,6
7	56,2	53,6	−4,6	−4,1	13,2	14,4	10,1	19,7
8	60,0	54,9	−8,5	−2,5	17,7	16,6	−6,2	−10,7
9	59,3	60,9	2,7	−1,3	15,8	17,8	12,7	0
1960	58,0	52,2	−10,0	0,9	15,3	14,4	−5,9	3,3
1	44,9	48,2	7,3	30,3	10,0	9,5	−5,0	58
2	45,4	48,9	7,7	28,9	13,4	14,7	9,7	17,9
3	34,0	38,8	14,1	72,1	—	—	—	—
4	63,5	58,3	−8,2	−7,9	11,1	11,2	0,9	29,9
5	39,5	50,2	27,1	48,1	11,9	11,6	−2,5	32,8
6	48,9	46,9	−4,1	19,6	15,8	15,7	−0,6	0
7	55,1	57,6	4,5	6,2	10,0	10,2	2,0	−58
8	53,2	44,2	−16,9	10,0	16,4	18,5	12,8	−3,7
9	56,9	58,3	2,5	2,8	17,5	16,2	−7,4	−9,7
1970	61,1	109	78,5	−4,3	18,4	19,6	6,5	−14,1
1	63,9	61,6	−3,6	−8,5	18,9	17,4	−7,9	−16,4
2	90,2	86,4	−4,2	−35,1	—	—	—	—
3	67,0	73,6	9,8	−12,7	16,8	15,0	−10,7	−6,0
4	78,0	71,0	−9,0	−25,0	22,2	21,4	−3,6	−28,8
5	75,7	74,3	−1,8	−2,3	21,2	19,7	−6,6	−25,3
media	58,5				15,8			

Tabelul 6

Erorile prognozelor debitului mediu minim din sezonul cald al rîului Vîlsan, în secțiunea Brădet, și Riul Doamnei, în secțiunea Bahna Rusului

Anii	Vîlsan-Brădet				R. Doamnei-Bahna Rusului			
	Debitul mediu minim real	Debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat, %		Debitul mediu minim real	Debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat, %	
			după relație	după normală			după relație	după normală
1950	0,69	0,77	12,8	46,0	3,37	3,34	1,0	2,2
1	—	—	—	—	3,47	3,22	−7,2	18,4
2	1,74	1,74	0	−27,0	4,37	3,19	−4,6	−5,9
3	1,07	1,14	6,5	18,7	3,34	3,78	13,2	23,1
4	0,84	0,90	7,1	51,2	3,46	3,31	−4,3	18,8
5	1,44	1,36	−5,6	−11,8	4,65	4,10	−11,8	−11,6
6	1,56	1,78	14,1	−18,6	2,75	3,22	−17,1	49,5
7	1,39	1,19	7,2	−8,6	4,76	4,22	−11,3	−13,7
8	1,10	0,99	−10,0	15,5	4,58	4,86	6,1	−10,3
9	1,32	1,28	−3,0	−3,8	4,67	4,54	−2,8	−12,0
1960	1,09	0,99	−9,2	−16,5	4,40	4,51	2,5	−6,6
1	1,03	1,06	2,9	23,3	3,46	3,39	−2,0	18,8
2	1,14	1,21	6,1	11,4	3,54	3,45	−2,5	16,1
3	0,94	0,93	−1,1	35,4	3,19	3,27	2,5	28,8
4	1,02	1,20	17,6	24,5	4,10	4,33	5,6	0
5	1,00	1,01	1,0	27,0	3,02	3,28	8,6	36,1
6	1,06	1,04	−1,9	19,8	5,32	5,19	−2,4	−22,7
7	1,33	1,21	−9,8	−4,5	2,70	2,87	6,3	52,2
8	2,03	1,89	−6,9	−37,4	2,60	2,49	−4,2	58,1
9	1,05	1,08	2,8	21,0	3,60	3,66	1,7	14,2
1970	1,68	1,54	−8,3	−24,4	6,24	6,10	−2,2	−34,1
1	1,14	1,15	0	−11,4	4,80	4,78	0	−14,4
2	1,65	1,52	−7,9	−23,0	6,00	3,75	−37,6	−31,5
3	1,20	1,28	6,7	5,8	3,97	3,72	−6,3	3,5
4	1,71	1,86	8,8	−25,7	5,36	5,65	5,2	−23,3
5	1,64	1,45	−11,6	−22,6	5,12	5,21	1,8	−19,7
media	1,27							

Tabelul 7

Erorile prognozelor debitului mediu minim din sezonul cald al rîului Argeș în secțiunea Vidraru, Vîlsan în secțiunea nod Vîlsan, Rîul Doamnei în secțiunea nod Baciu

Anii	Argeș-Vidraru				Vîlsan-nod Vîlsan				R. Doamnei-Bahna Rusului			
	debitul mediu minim real	debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat, %		Debitul mediu minim real	Debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat, %		Debitul mediu minim real	Debitul minim prognozat	Erori ale debitului prognozat, %	
			după relație	după normală			după relație	după normală			după relație	după normală
1970	13,3	13,2	−1,0	20,6	1,22	1,08	−11,5	− 9,0	5,60	5,39	− 3,7	−28,6
1	10,2	10,1	−1,0	3,5	1,14	1,28	12,3	− 2,6	4,00	3,69	− 7,8	0
2	—	—	—	—	1,28	1,33	3,9	−13,3	5,50	3,16	−42,5	−27,3
3	8,2	8,8	7,3	28,8	0,75	0,89	17,6	48,0	3,48	3,42	− 1,6	14,9
4	12,0	11,2	−6,6	−12,0	1,06	1,02	− 3,8	4,7	4,79	4,16	−13,1	−16,5
5	11,0	11,9	8,2	− 4,0	1,00	1,12	12,0	11,0	3,95	4,04	2,3	1,3
6	11,5	11,2	−2,6	− 8,2	1,37	1,39	1,4	19,0	3,92	3,69	− 5,9	2,0
7	9,7	9,5	−2,1	8,9	0,94	0,87	− 7,4	18,1	3,44	2,63	−23,5	16,3
8	8,6	8,4	−2,3	22,8	1,23	1,14	− 7,3	− 9,8	3,30	3,42	3,6	73,9

Tabelul 8

Nr. crt.	Rîul	Secțiunea	Depășiri ale erorii ± 20% ale debitelor minime prognozate după normală față de cele după relație, %	Numărul de cazuri de depășiri, în%, ale erorilor după normală față de cele după relație, la ±20%	Data medie de producere a debitului minim	Erori ale datei de producere a debitului minim de la data medie la 80% din cazuri
1	Bistrița	Cîrnu	50	55	23 IX	26
2	Olt	Rm. Vîlcea	16	20	14 X	34
3	Bistricioara	Grințieș	60	30	11 X	16
4	Bistrița	Fărcașa	40	40	30 IX	24
5	R. Doamnei	Bahna Rusului	30	35	12 IX	35
6	Vîlsan	Brădet	30	50	8 IX	34
7	Argeș	Tunel	10	25	24 IX	30
8	Vîlsan	Nod Vîlsan	25	25	8 IX	—
9	R. Doamnei	Nod Baciu	10	10	12 IX	—
10	Argeș	Vidraru	10	35	24 IX	—

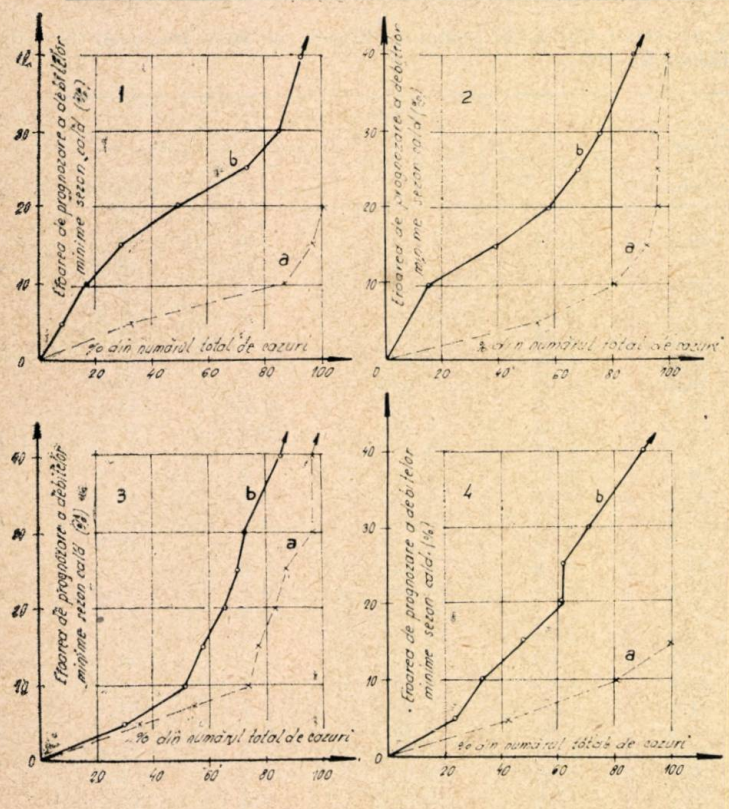


Fig. 5. Asigurarea erorii de prognozare a debitelor, în %, după relația de prognoză (*a*) și după normală (*b*) pe :
1 — Vîlsan, la Brădet ; *2* — Rîul Doamnei, la Bahna Rusului ; *3* — Olt, la Rm. Vîlcea ; *4* — Bistrița, la Fărcașa.

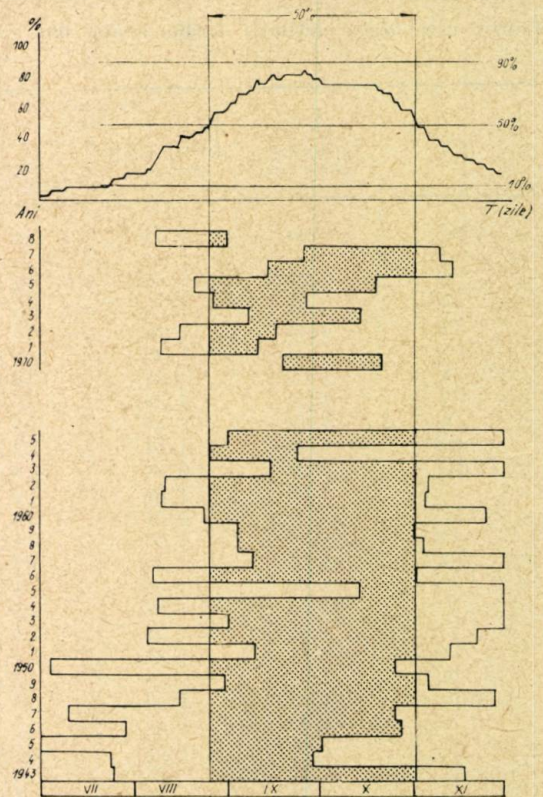


Fig. 6. Diagrama intervalului de producere a debitului minim cu 50% asigurare, pe Argeș, secțiunea Tunel.

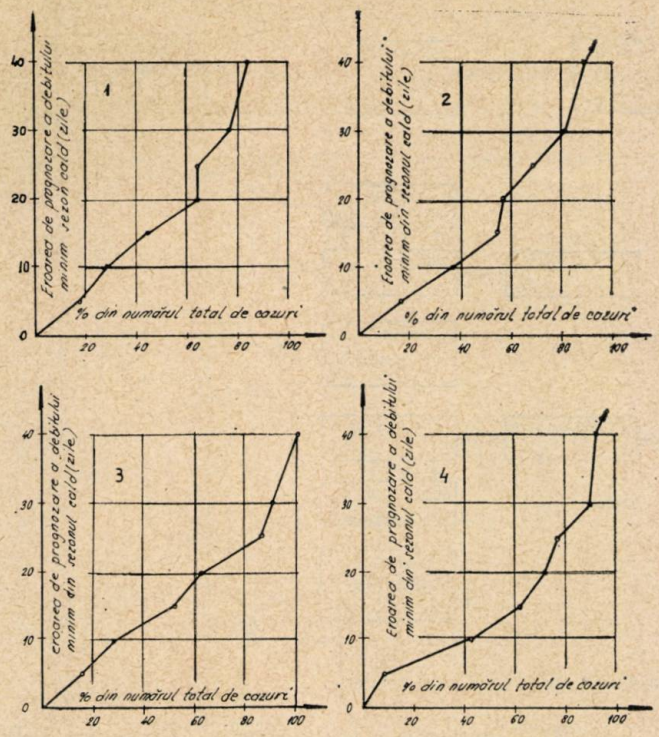


Fig. 7. Asigurarea erorii de prognozare a datei de producere a debitului minim :
1 — Vilsan, la Brădet ; *2* — Argeș, la Tunel ; *3* — Bistrița, la Fărcașa ; *4* — Olt, la Rm. Vilcea.

Concluzii

Din cele prezentate, rezultă că metoda de prognoză bazată pe analiza factorilor hidrometeorologici din perioada precedentă poate fi aplicată cu bune rezultate în prognozele hidroenergetice, utilizarea ei fiind justificată întrucît erorile prognozelor de verificare sînt mai mici decît abaterile de la normală ale valorii prevăzute, iar asigurarea erorii admisibile ($\pm 20\%$) este mai mare de 80% față de numărul de cazuri și de asemeni mai mare de 5% față de asigurarea abaterii sale față de normală.

Bibliografie

[1] Apolov, B. A., Kalinin, G. P. și Komarov, V. D. *Kurs ghidrologhiceskih prognozov.* Leningrad, 1974.
[2] Lăzărescu, D. *Prognoză de lungă durată a debitelor în perioada de ape mici de vară-toamnă pe unele riuri interioare din Republica Socialistă România.* În : Studii de hidrologie XXVI, 1969.
[3] Popov, E. G. *Prognoze hidrologice.* I.D.T., 1962.

Analizor numeric de funcții de transfer

ing. **Liviu Pascu**
și ing. **Iuliu Boroș**
— ICEMENERG —

Analizorul de funcții de transfer este destinat determinării caracteristicilor de frecvență, respectiv funcției de transfer pentru diverse echipamente și sisteme liniare și cvasiliniare, de tip electric, electronic și mecanic (cu ajutorul unor interfețe speciale). Aparatul calculează și afișează, prin măsurare punct cu punct, caracteristicile Nyquist și Bode.

În energetică analizorul se utilizează în principal la acordarea optimă a regulatoarelor din buclele de reglare automată, prin determinarea caracteristicilor de transfer ale instalațiilor tehnologice.

1. Descrierea funcționării

Aparatul se prezintă sub forma unei cutii care înglobează blocul generator, corelator și sursele de alimentare.

Aparatul funcționează pe principii electronice numerice, avînd interfețe numeric/analog și analog/numeric pentru cuplarea cu sistemul de testat.

Schema-bloc a aparatului este prezentată în figura 1 și cuprinde două unități mari : generatorul și corelatorul. Sistemul de testat este excitat de ieșirea analogică sinusoidală a generatorului în gama de frecvențe dorită. Blocul corelator extrage unda sinusoidală fundamentală, rejectînd armonicile și zgomotul prin multiplicarea semnalului de la ieșirea sistemului cu semnale de referință sinus și cosinus venite de la generator și urmată de integrarea celor două canale obținute pe o perioadă egală cu un număr întreg de cicluri ale frecvenței de excitație. Ieșirile celor două integratoare sînt proporționale cu componenta în fază și în cvadratură a funcției de transfer a sistemului la frecvența respectivă și sînt afișate simultan împreună cu cadranul lor, pe un afișaj numeric în linie. Coordonatele carteziene (A, B) afișate sînt convertite automat în coordonate polare și pot fi afișate la cerere.

Presupunem că sistemul este excitat de semnalul $X_i(t) = \sin \omega t$. Răspunsul sistemului va fi de forma

$$X_e(t) = K(\sin \omega t + \varphi)$$

în care

ω este frecvența semnalului de excitație ;
K — amplificarea/atenuarea sistemului ;
φ — defazajul introdus de sistem.

$$X_i(t) \rightarrow X_1(j\omega) = 1 \cdot e^{j\omega t}$$

$$X_e(t) \rightarrow X_e(j\omega) = K \cdot e^{j(\omega t + \varphi)}$$

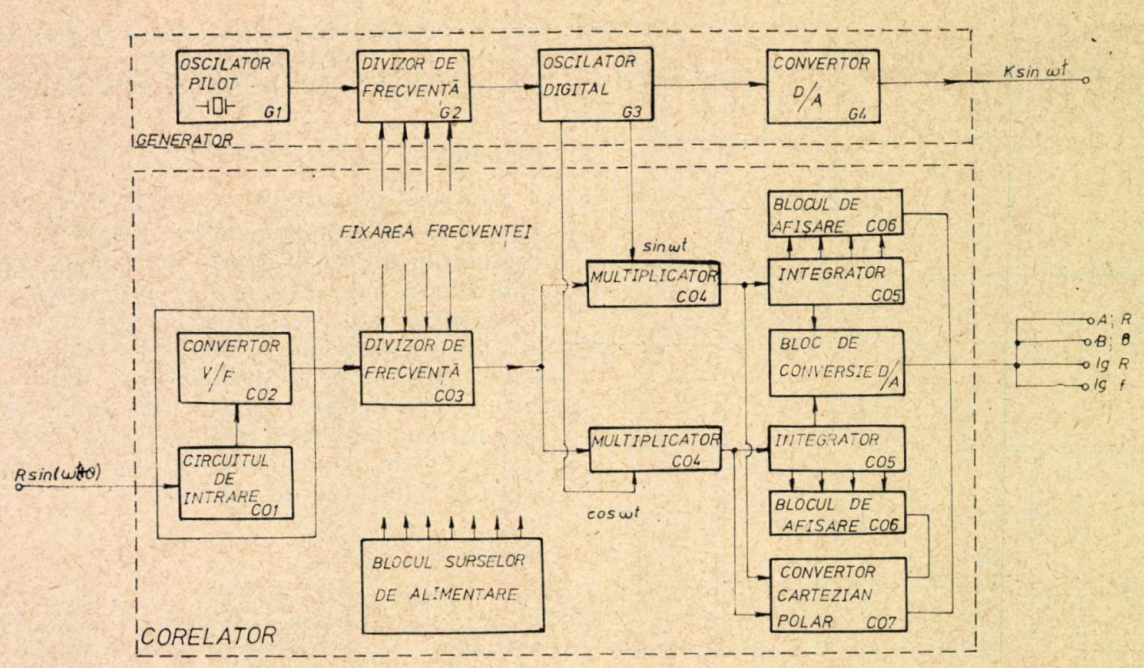


Fig. 1. Schema-bloc a analizorului de funcții de transfer.

Dar

$$X_e(j\omega) = K(j\omega) \cdot X_i(j\omega)$$

$\begin{cases} j\omega & \text{— frecvența complexă} \\ K(j\omega) & \text{— funcția de transfer complexă a sistemului} \end{cases}$

Rezultă $X_e(j\omega) = K(j\omega) \cdot e^{j\omega t}$ $\quad \begin{cases} |K(j\omega)| = K \\ \varphi_k = \varphi \end{cases}$

$$K(j\omega) = K \cdot e^{j\varphi}$$

În general însă, putem spune despre $X_e(t)$ că este periodic.

$X_e(t) = \frac{C_0}{2} + \sum_1^\infty (C_n \cdot \cos n\omega t + S_n \sin n\omega t)$ descompunerea generală a semnalului răspuns în serie Fourier.

Din mulțimea coeficienților Fourier

$$S_n = \frac{2}{T} \int_0^T X_e(t) \sin n\omega t \cdot dt;$$

$$C_u = \frac{2}{T} \int_0^T X_e(t) \cos n\omega t \cdot dt$$

corelatorul calculează doar valorile

$$A = S_1 = \frac{2}{NT} \int_0^{NT} X_e(t) \sin \omega t \cdot dt$$

$B = C_1 = \frac{2}{NT} \int_0^{NT} X_e(t) \cos \omega t \cdot dt$, adică componentele în fază și în cvadratură ale funcției de transfer pentru frecvența fixată.

Mai departe, convertorul cartezian-polar aproximează relațiile :

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}; \quad \varphi = \text{arctg} \frac{B}{A}$$

2. Caracteristici tehnice principale

Gama de frecvențe : 0,0001 Hz — 159,9 Hz.
Rezoluția de fixare a frecvenței : 0,07%.
Precizia frecvenței fixate : 0,05%.
Forme de undă generate : sinusoidal, triunghiular, dreptunghiular.
Posibilități de oprire în fază a undei generate în punctele : 0°, 90°, 180°, 270°, instantaneu.
Distorsiunile armonice ale undei sinusoidale generate : < 1%.
Domeniul de amplitudine a semnalului :
0 — 10 V la ieșirea generatorului.
0—100 V la intrarea corelatorului.
Precizia amplitudinii semnalului generat : 0,8%
Stabilitatea amplitudinii semnalului generat 0,2%
Curent maxim de ieșire la generator : 50 mA (ieșire protejată la scurtcircuit).
Impedanța de ieșire a generatorului : 0,4 Ω.
Impedanța de intrare în corelator :
0,5 MΩ pe scara 1V ;
1 MΩ pe scara 10 V și 100 V.
Moduri de măsurare : cartezian (A, B) și polar (R, θ).
Precizia de măsurare : 2%.
Caracteristicile ieșirii din generator și intrării în corelator : flotante și izolate.
Rejecția semnalelor de mod comun : 90 dB.
Domeniul de compensare al componentei continue la intrarea corelatorului : ±(0,2—50)V.
Posibilități de înregistrare digitală și analogică a mărimilor de ieșire și a valorii frecvenței.
Domeniul de temperatură :
— de funcționare + 5°C . . . . . +45°C
— de stocare —25°C . . . . . +70°C
Aparatul se alimentează de la rețeaua de 220 V, 50 Hz.
Consumul aparatului : 200 VA.
Masa aparatului : 25 kg.
Dimensiuni de gabarit : 745.370.415 mm.

Supravegherea funcționării protecțiilor tehnologice cu ajutorul unui microcalculator la un grup de 330 MW

dr. ing. **Constantin Berbece** — ICEMENERG
ing. **Mircea Brozici** — ICE
ing. **Aurel Filip** — CTE ROVINARI
ing. **Emil Gentimir** — CTE ROVINARI
ing. **Ion Lupașcu** — ICEMENERG
ing. **Gh. Marin** — ICE
ing. **Florin Ignat** — ICE

Înregistratorul numeric pentru urmărirea cronologică a evenimentelor — DICREV — reprezintă un dispozitiv specializat din cadrul sistemului de automatizare numeric cu fiabilitate ridicată — SANFIR.

Cu ajutorul DICREV se urmărește succesiunea evenimentelor într-o centrală termoelectrică, în cazul în care anumite părți ale instalației tehnologice nu mai funcționează în condiții normale de exploatare.

Cunoașterea funcționării protecțiilor tehnologice este deosebit de importantă în cazul instalațiilor industriale complexe și în primul rînd cunoașterea primului contact care a declanșat succesiunea de evenimente.

Dispozitivul DICREV se cuplează la semnalele provenite de la protecțiile cazanului, turbinei, instalațiilor auxiliare, precum și de la principalele permisii ale blocului.

Supravegherea și înregistrarea acestor semnale cu ajutorul DICREV permite să se facă o analiză științifică a cauzelor și a modului de desfășurare a avariilor din instalațiile termoenergetice.

1. Posibilități de realizare

DICREV a fost conceput să fie realizat pe baza echipamentelor de calcul fabricate în țară, și anume microcalculatoarele MC-8 sau MC-18, care nu ridică probleme speciale de climatizare, au costuri scăzute și oferă o siguranță în funcționare suficientă.

Prototipul experimental a fost realizat pe baza configurației standard a microcalculatorului MC-8, cu consolă serială de tip Centronics, la care s-a adăugat o interfață specializată de intrări numerice executată de ICE și un dispozitiv de afișare cu tub catodic, de tip DAF executat de IEPER.

Interfața de intrări numerice face posibilă supravegherea unui număr de 256 intrări numerice, împărțite în două grupuri:

— primul grup de intrări pot fi explorate numai la inițiativa calculatorului;

— al doilea grup de intrări au și posibilitatea să ceară calculatorului să fie explorate, folosind un semnal de întrerupere.

Cele 256 variabile de intrare sînt grupate în 8 module, fiecare avînd 4 linii, iar fiecare linie primind informații de la 8 contacte de intrare.

La primirea semnalului de întrerupere lansat de un contact oarecare, microcalculatorul va citi întreaga linie din care acesta face parte.

În cadrul fiecărui modul, primele două linii au posibilitatea să lanseze semnale de întrerupere către calculator.

Pentru a putea supraveghea în timp real intrările numerice, interfața a fost prevăzută cu ceas electronic, care poate fi citit de microcalculator în orice moment.

2. Posibilitățile programului întocmit pentru DICREV

Programul aferent DICREV, întocmit de ICE, este compus din două părți mari:

— monitorul de timp real pentru microcalculatorul MC-8—MINIMONI;

— programul pentru gestiunea intrărilor binare — GIB.

2.1. *MINIMONI* are următoarele funcțiuni:

— asigură inițializarea tabelelor și zonelor de memorie rezervate;

— permite lansarea unor comenzi de la consolă;

— asigură gestionarea fișierelor;

— facilitează lucrul cu perifericele prin intermediul sistemului de întreruperi;

— asigură salvarea și refacerea selectivă a stării programului întrerupt;

— permite așteptarea terminării unei operații periferice cu sistemul de întreruperi activat;

— permite utilizatorului să lucreze cu sistemul de întreruperi activat, oferindu-i posibilitatea selectării registrelor salvate la apariția unei întreruperi în diferite zone de program;

— oferă posibilitatea tratării erorilor.

2.2. *G I B* este un program care, utilizînd facilitățile oferite de monitorul MINIMONI, permite tratarea în timp real a evenimentelor urmărite prin interfața de intrări numerice binare. Principala caracteristică a programului GIB este asincronismul dintre înregistrarea evenimentului extern, efectuată în momentul producerii lui, și listarea lui într-o formă accesibilă operatorului la consola Centronics și la display-ul DAF.

Consola Centronics are rolul de a asigura înregistrarea evenimentelor externe pe hîrtie, asigurînd astfel documentul scris necesar urmăririi funcționării instalației.

Display-ul DAF permite operatorului verificarea în orice moment a funcționării instalației prin comenzile pe care le indică de la tastatură și prin mesajele pe care le primește în momentul apariției evenimentelor.

Evenimentele externe sînt memorate, în momentul producerii lor, într-o stivă. Capacitatea de memorare a stivei este de circa 200 evenimente externe, a căror producere poate avea loc într-un interval de 1 secundă.

Principalele funcțiuni pe care le asigură programul GIB sînt :

— inițializarea zonelor de memorie la lansarea în execuție a programului ;

— inițierea întreruperii de ceas prin trimiterea primei cuante către interfața de intrări binare și apoi trimiterea cuantelor următoare la apariția întreruperilor de ceas ;

— posibilitatea stabilirii mesajului care apare la consolă și display în momentul producerii evenimentului. Mesajele se introduc de la consolă pentru fiecare din cele 256 contacte controlate, ele avînd maximum 20 caractere ;

— posibilitatea stabilirii comenzilor pe care le dă operatorul la display și contactele aferente acestora, a căror situație se cere prin comanda respectivă ;

— tratarea comenzilor date de operator de la DAF prin citirea situației reale a contactelor aferente acestora, apariția unui mesaj în caz de situație anormală sau a cuvîntului „NORMAL" în caz de situație normală ;

— posibilitatea verificării funcționării interfeței prin citirea unei grupe de 8 contacte a căror valoare se listează, precum și prin citirea valorii ceasului ;

— asigurarea recepționării întreruperilor de la interfața de intrări binare în momentul producerii evenimentelor ;

— listarea mesajelor privind evenimentele produse ;

— neglijarea întreruperilor parazite ;

— determinarea situațiilor anormale, chiar și atunci cînd interfața de intrări binare nu dă întrerupere.

3. Lista contactelor de protecție conectate la DICREV

Lista parametrilor care declanșează funcționarea protecțiilor tehnologice a fost efectuată pentru blocul nr. 5 de 330 MW din CTE Rovinari, în cazul depășirii limitelor normale de funcționare.

La întocmirea acestei liste s-a urmărit cunoașterea ramurii de desfășurare a unei protecții, luînd informații de la sursele primare de declanșare, continuînd pe traseul schemelor logice, pînă în punctul de execuție al protecției.

Au fost luate în considerare declanșările manuale, precum și toate contactele finale ce atestă „agregat oprit".

În cazul în care același traductor și contact este sursa de declanșare a mai multor agregate tehnologice, acesta s-a luat în considerare numai o singură dată.

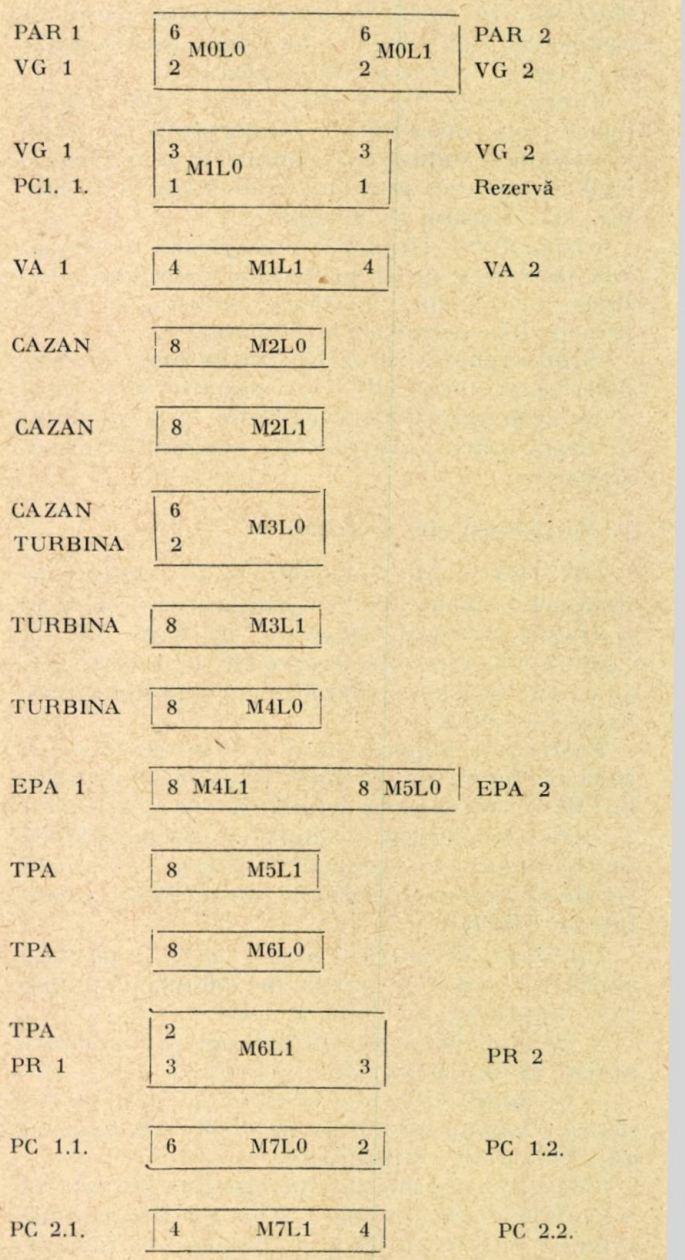
La interfața de intrări numerice s-au legat 127 contacte de protecție și 127 contacte privind permisiile tehnologice.

4. Concluzii privind experimentarea DICREV în cadrul Stației de testare pentru calculatoare de proces din ICEMENERG

— S-a constatat că la viteza mare de lucru a microcalculatorului se pune în evidență o vibrație a contactelor releelor la închidere, ceea ce determină ca interfața numerică să sesizeze un număr mai mare de închideri ale acestora. Din acest motiv s-au făcut probe cu mai multe tipuri de contacte și s-a constatat că releele REED dau cele mai bune rezultate din punctul de vedere al vibrației contactelor.

— Tema inițială dată către ICE pentru realizarea interfeței numerice prevedea ca sesizarea unei întreruperi externe să se facă numai

Modul de organizare a contactelor de protecție la interfața de intrări numerice



la închiderea contactului (trecerea din „1" în „0"), și nu și la deschidere. În timpul experimentărilor s-a observat că, aleatoriu, se obțin întreruperi și la deschiderea contactului (trecerea din „0" în „1"). Din acest motiv, ICE în prezent a îmbunătățit schema electronică a interfeței de intrări numerice, executînd-o cu generare de întreruperi pe cele două fronturi, corespunzătoare la închiderea și deschiderea contactelor. Acest lucru simplifică programul în cazul unei aplicații concrete.

— S-a constatat o funcționare necorespunzătoare a consolei Soemtron prevăzută inițial pentru sistem, atît în timpul experimentărilor de la ICE, cît și în timpul celor din Stația de testare pentru calculatoare de proces din ICEMENERG, fiind înlocuită ulterior cu consola serială Centronics.

Stabilirea funcțiunilor și configurației sistemului de calcul pentru optimizarea exploatării CHE Porțile de Fier

dr. ing. **I. Cserveny**, ing. **Elvira Urcan**,
ing. **Al. Blada**
— ICEMENERG —
și
ing. **A. Simedru** — IE Porțile de Fier

1. Probleme generale

Ansamblul format din CHE Porțile de Fier I (aflat în exploatare cu 6 grupuri de mare putere) și CHE Porțile de Fier II (aflat în construcție cu 9 grupuri de medie putere) reprezintă unul din obiectivele energetice de bază ale țării noastre, caracterizat printr-un proces complex de exploatare. Conducerea acestui proces, bazată pe culegerea, transmiterea și prelucrarea unui număr foarte mare de informații din bazinul Dunării și al principalilor afluenți se poate realiza optim prin utilizarea unui sistem informațional complex, bazat pe calculatoare de proces fabricate în țară. Drept principal criteriu în exploatarea optimă se consideră maximizarea cantității de energie ce se poate obține în 24 de ore din cantitatea de apă ce trebuie destocată. Luarea deciziilor sub forma unui grafic de exploatare se poate face numai ținînd seama de o serie de factori, dintre care cei mai importanți sînt : prognoza debitului afluent pe termen scurt și lung, impunerea de restricții privind nivelul în lacul de acumulare, impunerea de restricții de navigație, participarea la reglajul frecvență-putere în sistemul energetic, corelarea funcționării între cele două centrale etc.

2. Stabilirea funcțiunilor sistemului de calcul

Începînd din anii 1982—1983, sistemul informațional complex, bazat pe calculatoare de proces, va prelua următoarele funcțiuni :

a) Optimizarea exploatării celor două hidrocentrale cu utilizarea maximă a potențialului amenajării (se stabilește graficul de exploatare pentru ziua următoare).

b) Stabilirea numărului optim de grupuri în funcțiune la fiecare centrală.

c) Prognoza de scurtă durată a debitelor afluente în lacul de acumulare (intervalul este de 2—4 zile).

d) Prognoza de lungă durată pe bază de teledetecție prin satelit pentru intervale de pînă la 1 an.

e) Prognoza debitului mediu defluent.

f) Protocolarea datelor și analiza postavarie (protocolarea se face din oră în oră, la cerere și de cîte ori se depășesc limitele prestabilite ale mărimilor de exploatare ; analiza postavarie cuprinde înregistrarea semnalizărilor în ordine cronologică).

g) Calculul mișcării nepermanente.

h) Evidența soldului cu partenerul iugoslav și impunerea unei strategii de lichidare a soldului.

3. Configurația sistemului de calcul

Configurația de calcul se bazează pe utilizarea calculatoarelor de proces fabricate în țară.

La CHE Porțile de Fier I sînt prevăzute două calculatoare CORAL 4011 A, unul pentru rularea programelor în timp real, celălalt pentru programe off-line și rezervare, cuplate prin interfețe sincrone, care asigură, în cazul defectării minicalculatorului destinat efectuării programelor în timp real, preluarea în timp util a sarcinilor acestuia de către cel de-al doilea minicalculator.

La ambele centrale va exista cîte un microprocesor M 18 pentru concentrarea datelor și efectuarea de calcule preliminare pentru mărimile primite de la procesul reglat. Echipamentele de calcul de la cele două centrale vor fi cuplate între ele prin instalații MODEM. Configurațiile de calcul sînt prevăzute cu periferice standard, iar partea de cuplare la proces se va realiza cu ajutorul echipamentelor URC-80 aflate în curs de asimilare.

Fiecare cameră de comandă va fi prevăzută cu trei unități de display, pe care se vor afișa :

— datele din rețeaua telelimnimetrică ;
— graficele orare de sarcină ;
— mărimile tehnico-economice de exploatare.

4. Aspecte economice

Prin realizarea sistemului informațional și a optimizării exploatării utilizînd calculatoarele de proces, se realizează următoarele efecte economice :

— spor de producție de 1% prin optimizarea regimurilor de exploatare, ținînd seama de variațiile de nivel și de mișcarea nepermanentă ;

— spor de producție de 0,9% prin stabilirea numărului optim de grupuri în funcțiune ;

— creșterea producției de energie electrică cu 65 000 MWh/an prin reducerea erorii de prognoză.

Ținînd seamă de costul configurației de calcul și al aparaturii de măsură necesare realizării sistemului informațional, rezultă o durată de recuperare a investiției de 1,15 ani.

Programul de studii și cercetări privind analiza și fundamentarea unor soluții și caracteristici tehnice pentru sistemul teleinformatic al Dispecerului energetic național. Principalele rezultate și concluzii

dr. ing. **M. Duma**, ing. **Sanda Felea**, ing. **Al. Emanoil**, matem. **I. Vișan**, ing. **A. Iuga**, ing. **M. Stoicescu**, **P. Plugaru**
— ICEMENERG —

dr. ing. **V. Romert**, ing. **I. Dimitriu**, ing. **E. Perea**
— Dispecerul energetic național —

ing. **A. Spînu**
— CPL — MEE —

1. Obiectivul lucrărilor

Pregătirea, în cincinalul 1971—1975, a noii dotări a sistemului teleinformatic al Dispecerului energetic național a ridicat în fața beneficiarului, ca și în fața proiectantului general — Institutul de studii și proiectări energetice — probleme tehnice de o deosebită dificultate. Într-adevăr, amploarea și complexitatea sistemului preconizat, funcțiunile pe care urma să le îndeplinească, îi atribuiau un mare grad de noutate pe plan național.

Totodată, proiectarea se efectua într-o perioadă în care în tehnica mondială începeau să se cristalizeze mutații în soluțiile tehnice — utilizarea calculatoarelor electronice în locul echipamentelor de telemecanică realizate pe bază de logică cablată, precum și mutații în concepțiile și tehnicile de analiză și conducere a sistemelor complexe — în particular, a sistemelor energetice — cu ajutorul estimatoarelor de stare. Unii ofertanți propuneau soluții de tipuri cunoscute, verificate, cu multiple referințe, alții — soluții noi, încă neconfirmate.

În aceste condiții, beneficiarul investiției a inițiat participarea cercetării științifice la acțiunea de pregătire a dotării prin :

— expertizare și contribuție la fundamentarea unor puncte de vedere în probleme controversate privind anumite soluții, caracteristici tehnice, criterii de dimensionare a instalațiilor (unele dintre rezultatele obținute sînt prezentate succint în cap. 2 al articolului);

— analiza previzională a calității informației în sistemul teleinformatic, dat fiind că ofertanții puneau la dispoziție și garantau numai echipamente, dar funcționarea acestora în ansamblu putea conduce la consecințe neprevăzute ; modul de soluționare a problemei și principalele rezultate obținute sînt prezentate succint în cap. 3...12 ale lucrării de față.

Unele aspecte și rezultate ale cercetărilor efectuate au fost comunicate sau publicate în lucrările specificate în bibliografie, precum și în lucrările din bibliografia lucrării [1].

2. Contribuții la fundamentarea sau precizarea unor soluții și condiții tehnice adoptate în cadrul sistemului teleinformatic al Dispecerului energetic național (STI DEN)

În cadrul unor studii și cercetări pregătitoare au fost examinate posibilități de alternativă la o nouă dotare și implicațiile aferente, privind centralizarea telex a datelor din instalații [4], conectarea directă la proces a calculatorului existent Elliot 4120, utilizarea teleprelucrării la centre de calcul existente, elaborîndu-se soluțiile tehnice aferente. A rezultat că aceste soluții erau posibile, ultimele două — cu completări de import, fără a putea reprezenta însă soluții de perspectivă.

În ceea ce privește orientarea în cîmpul soluțiilor cuprinse în ofertele pentru noua dotare, s-a demonstrat că „toate funcțiunile de guvernare a echipamentelor telemecanice din stații și concentrare-difuzare a informației la DET și DEN trebuie efectuate exclusiv cu calculatoare de proces, adecvate specificului de teleprelucrare. Această soluție este pe ansamblu mai economică și asigură performanțe esențial superioare ca timp și (prin intermediul frecvenței de eșantionare și al filtrării) precizie, maleabilitate în organizarea adaptivă a traficului, extensibilitate, perfecționarea funcțională a programelor în baza experienței de exploatare, desigur cu condiția ca echipamentul de calcul utilizat să fie de nivel corespunzător, atît ca hardware, cît și ca software. Ofertanții care nu

pot asigura această soluție sau nu o pot asigura în mod economic trebuie să fie excluși".

Printre soluțiile tehnice preconizate în lucrările efectuate și care au fost însușite și reflectate în noua dotare se mai menționează asigurarea transferului bidirecțional în sistemul teleinformatic cu posibilitatea de preluare de consemne (în locul unor canale radiale individuale pentru consemne) și de introducere ulterioară a unor eventuale telecomenzi, utilizarea transmisiei de 600/1200 bauzi la nivelul superior de centralizare ; utilizarea unui solftware de telecomunicații de tip general, adaptat, și nu a unuia specializat ; elaborarea unui caiet de sarcini pentru acest software.

Pe baza unei ample analize de fiabilitate a unui mare număr de variante de structură și de echipamente pentru sistemul teleinformatic [3], în diferite premise privind probabilitățile de defectare a echipamentelor și a canalelor, a fost recomandată „promovarea tehnică a concentrării conexiunilor în magistrale și echipamente ample, dar puține ca număr, în structură arborescentă, în locul schemelor radiale cu echipamente bilaterale". Totodată a fost fundamentată prin calcul rezervarea în următoarea ordine de prioritate : calculatoarele de proces de la DEN, canalele de telecomunicație DET-DEN, calculatoarele de proces de la DET, celelalte canale și echipamente.

Examinarea și fundamentarea condițiilor tehnice necesare pentru indicatorii de performanță — precizie și rapiditate — a fost făcută analizînd, distinct pentru fiecare funcție a sistemului teleinformatic, necesitățile rezultate din procesul de conducere, condiționările ce decurg din caracteristicile echipamentelor energetice de bază și gradul lor de cunoaștere ; implicațiile variantelor de soluții tehnice ; măsuri și soluții tehnice de ansamblu și de detaliu preferențiale pentru asigurarea unor performanțe ridicate.

Examinarea multilaterală a problematicii estimatoarelor de stare staționară a sistemului energetic a condus la recomandarea de a se utiliza, în proxima dotare, metode simple de estimare, cu efectuarea de cercetări pentru pregătirea introducerii ulterioare a unor estimatoare de tip evoluat.

3. Problema evaluării previzionale a calității informației

În orice sistem teleinformatic ierarhizat destinat conducerii în timp real a proceselor industriale, calculatorul central operează asupra unei reprezentări eronate a desfășurării procesului controlat, datorită acumulării erorilor și întîrzierilor în cursul operațiilor de culegere și de centralizare a informației. Analiza caracteristicilor statistice ale acestor erori și întîrzieri este esențială pentru alegerea echipamentelor și pentru proiectarea optimală a software-ului de teleprocesare, iar nivelul lor rezultant poate fi important pentru proiectarea software-ului de aplicație, deoarece structura și precizia calculelor acestuia trebuie să fie în concordanță cu nivelul de eroare cu care sînt cunoscute datele primare.

Diferențele ce apar între valorile variabilelor controlate la intrarea în calculatorul central și valorile acelorași variabile în sistemul energetic se definesc, în lucrarea de față, ca erori globale (cu referire la diferențele de valoare) și întîrzieri globale (cu referire la diferențele de timp). Termenul „global" este echivalent cu „pe ansamblul sistemului". În continuare vor fi utilizate și noțiunile opuse celor definite prin diferențe — precizia globală, rapiditatea globală, precum și noțiunea cumulativă de performanță globală.

După cum se știe, evaluarea performanțelor globale în sistemele de teleprelucrare reprezintă o problemă dificilă. În primul rînd, performanțele depind de comportarea sistemică, de interacțiunea dintre componentele sistemului. În al doilea rînd, pentru un sistem dat, după cum s-a demonstrat și în cadrul cercetării de față, performanțele sînt sensibil dependente de sarcină — aici, de informația generată de către procesul controlat, sistemul energetic. În al treilea rînd, mediul poate juca un rol important.

Avînd în vedere numărul mare de componente și influențe aflate în interacțiune, neliniaritatea sau/și caracterul aleatoriu al multora dintre acestea, precum și complexitatea sistemului de teleprelucrare, s-a stabilit *) că simularea statistică reprezintă singura cale viabilă de evaluare a performanțelor considerate, metodă ce formează obiectul unei alte lucrări [1].

Într-adevăr, erorile provocate de eșantionarea unor variabile perturbate (inclusiv eșantionare urmată de întîrziere) sînt studiate în literatura științifică în domeniul sistemelor automate, dar în modalități care prezintă, în general, următoarele limitări :

Lucrările cunoscute se referă la o singură treaptă de eșantionare, la întîrzieri în elemente liniare sau cu neliniarități neesențiale sau la întîrzieri de transfer simple, dar nu la combinații de eșantionări conectate în cascadă, nesincrone între ele și cu întîrzieri de transfer succesive nesincrone, în a căror periodicitate pot interveni întreruperi sau decalaje aleatorii, cum este cazul sistemelor teleinformatice ierarhizate. Lucrarea efectuată oferă o metodă de cercetare completă și instrumentele aferente pentru soluționarea inginerească a problemei analizei întîrzierilor și erorilor în sisteme teleinformatice ierarhizate.

*) În strînsă cooperare și cu sprijinul științific al dr. ing. Ulrich Wiener și colab., de la Institutul național de metrologie — București (v. și [8]).

Lucrările cunoscute dau soluții pentru cazul unor variabile cu variații statistic staționare. Lucrarea efectuată rezolvă problema pentru orice caracter al variațiilor mărimilor de intrare.

Lucrările cunoscute devin prohibitiv de ancombrante în cazul unor sisteme multivariabile în care diferitele mărimi urmează legi statistice diferite și parcurg canale neliniare diferite. Lucrarea efectuată a rezolvat această problemă pentru un sistem de complexitatea sistemului teleinformatic al DEN și nu prezintă limitări principiale pentru sisteme mai complexe, cu condiția recurgerii la calculatoare suficient de mari.

4. Concepția programului de cercetare a calității informației [2]

În cadrul cercetării a rezultat că este necesar să poată fi decelate influențele fiecăreia dintre componentele sistemului asupra performanței globale, în special pentru obiectivele de alegere a echipamentelor și de proiectare a software-ului de teleprocesare. Totodată, pentru cunoașterea situațiilor posibile în diferite regimuri de funcționare, în diferite puncte ale sistemului energetic și în diferite puncte ale sistemului teleinformatic, s-a urmărit nu numai determinarea performanței globale, ci și analiza procesului formării acesteia, defalcat în structura concretă a sistemului teleinformatic.

Concepția programului de cercetare elaborat și realizat poate fi sintetizată astfel : reproducerea (simulată) a funcționării sistemului teleinformatic, plasat în funcționare în cadrul sistemului energetic (simulat), inclusiv cu transferul informației prin canalele de telecomunicație (simulate), toate acestea — în structura și cu caracteristicile probabilistice de funcționare corespunzînd soluțiilor tehnice și condițiilor analizate ; constatarea comportării sistemului și determinarea indicatorilor de performanță ca rezultat statistic al interacțiunii sistemice informatică-energetică.

Această concepție a necesitat efectuarea de analize teoretice și cercetări experimentale specifice atît asupra sistemului energetic, cît și asupra unor componente ale sistemului teleinformatic, pentru determinarea legităților și a valorilor de parametri care să fie incluse în modelele de simulare, pentru stabilirea regimurilor de funcționare caracteristice. La rîndul lor, acestea au impus elaborarea unor metodologii și tehnici experimentale adecvate și efectuarea unor ample campanii de experimentări, pentru acumularea materialului faptic necesar.

Fără a intra în detaliile problematicii simulării, se menționează că întreaga cercetare a urmat etape succesive de aprofundare și creștere a complexității, caracterizate în special prin două niveluri de detaliere :

În abordarea monofilară, indicatorii de performanță, modelele de simulare și nivelurile de performanță rezultate se referă fie la o singură variabilă telemăsurată, fie la un singur eveniment din pachetele care corespund unei schimbări de stare în sistemul energetic. Sînt luați în considerare toți factorii care afectează eroarea și/sau întîrzierea variabilei observate în cursul parcurgerii sistemului teleinformatic. Influențele pe care le pot exercita, în punctele de concentrare, fluxurile de mesaje care se formează la alte terminale ale sistemului, sînt reprezentate în modelele de simulare printr-o variabilă aleatorie independentă, specificată prin distribuția ei de probabilități. Performanțele obținute sînt evaluate pe mulțimea de eșantioane de eroare sau întîrziere aferente unei singure variabile de intrare.

Dimpotrivă, în abordarea de tip „trafic total", indicatorii, modelele și nivelurile se referă la sistem în ansamblul său ; rolul decisiv revine corelațiilor mutuale, influențelor reciproce și fenomenelor de simultaneitate în apariția diferiților factori, atît în sistemul energetic, cît și în sistemul teleinformatic. Indicatorii statistici de performanță se referă atît la eșantioane consecutive în timp, cît și la ansambluri de variabile.

5. Cercetări experimentale asupra proceselor de generare a informației în sistemul energetic național

Din punctul de vedere al influenței asupra erorilor de centralizare a informației, intră în considerație acele componente ale fluctuațiilor mărimilor telemăsurate a căror perioadă, ca limită inferioară, este comensurabilă cu constantele de timp ale traductoarelor primare, mergînd pînă la fenomenele aperiodice (salturi, rampe). Prezintă interes fluctuațiile a căror anvergură minimă este comensurabilă cu eroarea introdusă de sursele de eroare independente de fluctuații — și anume cu eroarea traductoarelor primare și cea de cuantificare, adică fluctuațiile cu anvergură de fracțiuni de procent sau mai mari.

Fluctuațiile mărimilor din SEN din domeniul specificat (anverguri de fracțiuni de procent sau procente, perioade de 0,2...200 s) nu au fost pînă în prezent suficient studiate (procesele tranzitorii la supratensiuni se situează sub limita inferioară ca timp, iar schimbările de regimuri — peste limita superioară ; anvergurile reduse nu au prezentat interes pînă la conducerea prin calculatoare de proces). Există unele preocupări privind numai fluctuațiile de frecvență și de putere de schimb pe liniile de interconexiune, legate de reglajul frecvență-putere ; rezultatele găsite în literatură sau

în unele documentații CAER sînt foarte sumare și neconcludente pentru lucrarea de față.

S-a urmărit să se obțină înregistrări de fluctuații care să răspundă la următoarele cerințe :

— varietate a tipurilor de mărimi ;
— varietate a zonelor de prelevare ;
— varietate a regimurilor (vîrf-gol) ;
— înregistrare sincronă a unui număr de mărimi, pentru evidențierea corelațiilor (în condițiile materiale existente, numărul de mărimi era limitat la cîte un punct de prelevare).

Au fost definiți parametri statistici specifici pentru caracterizarea fluctuațiilor.

Au fost elaborate și utilizate două tehnici experimentale și de prelucrare a înregistrărilor :

— cu înregistratoare analogice, efectuîndu-se o prelevare manuală a coordonatelor vîrfurilor consecutive ale curbelor înregistrate și, pe calculator, o interpolare cosinusoidală, urmată de eșantionare ;

— cu înregistrator automat pe bandă perforată [9], programul de calcul efectuînd interpolare — extrapolare, aducere la referință unitară de timp a diferitelor mărimi (testate ciclic consecutiv de înregistrator) și eșantionare în acest timp unitar.

Pentru înregistrarea analogică, au fost elaborate și utilizate metode și scheme de înregistrare cu suprimarea nulului și amplificatoare electronice diferențiale special construite, care au permis să se pună în evidență în mod concludent fluctuațiile mărimilor telemăsurate.

În mai multe campanii de măsurători, au fost realizate înregistrări în 8 puncte caracteristice ale SEN, din diferite zone geografice ale țării (Stejaru, Borzești, Fintînele, Luduș-Iernut, Mintia, Porțile de Fier, Ișalnița, București-Sud), pentru 56 din cele circa 450 mărimi centralizate prin sistemul teleinformatic. Toate înregistrările s-au referit la regimuri normale, staționare, de funcționare a sistemului energetic.

6. Cercetări experimentale asupra unor componente ale sistemului teleinformatic

Pentru determinarea efectului perturbațiilor din canalele de telecomunicație pe liniile de înaltă tensiune, au fost folosite două metode :

a) Utilizarea echipamentelor de recepție de telemecanică existente în calitate de detectoare de erori, cu o metodă și schemă de încercare originale, prin urmărirea și înregistrarea impulsurilor de sincronizare pe ciclu major și a impulsurilor de start conversie numeric-analogică pe mărime, variindu-se în mod controlat ecartul de putere semnal/zgomot în linie ; experimentările au fost efectuate asupra principalelor linii de telecomunicație ce converg la dispecerul național.

b) Interpretarea și adaptarea rezultatelor obținute într-o cercetare experimentală anterioară [4].

Pe aceste baze s-a stabilit efectuarea analizelor de precizie și rapiditate pentru probabilități de eronare a bitului cuprinse între 10^{-3} și 10^{-5}.

O altă serie de determinări experimentale a fost efectuată asupra preciziei traductoarelor primare din noua dotare*). Numărul de exemplare verificate a fost redus, date fiind dificultățile de acces la instalații trifazate de precizie ridicată ; totuși, rezultatele obținute au permis introducerea în modelele de simulare a unor parametri confirmați de practică. S-a constatat că o pondere importantă revine unor erori sistematice, a căror curbă de variație în funcție de sarcină era particulară pentru fiecare exemplar de traductor analizat.

7. Analize de precizie și rapiditate efectuate

Analizele de precizie și rapiditate au fost efectuate în mod distinct cu fiecare dintre simulatoarele elaborate [1], la nivel monofilar — o mărime, respectiv un pachet de telesemnalizări — și la nivel de trafic total.

Au fost organizate serii de experiențe de simulare care să permită să se determine indicatorii de performanță ce se obțin pentru mărimi de tipuri diferite (puteri active sau reactive, tensiuni, curenți, frecvență), din zone diferite ale sistemului energetic, în diferite regimuri de funcționare a acestuia, în diferite puncte și la diferite niveluri de concentrare a informației în sistemul teleinformatic, în funcție de variantele de echipamente de telemecanică utilizate, sau de valori ale unor parametri de funcționare adoptați, pentru diferite niveluri de perturbare a canalelor de telecomunicație.

În fiecare serie a fost realizată o experiență de referință, corespunzătoare unui regim de referință, cel mai probabil, față de care, în alte experiențe, au fost determinate variații ca urmare a modificării unor factori de influență, mergînd pînă la situații ce pot provoca erori sau întîrzieri limită.

Au fost efectuate atît experiențe cu mărimi de intrare reale, înregistrate și prelucrate conform celor menționate în § 5, cît și cu mărimi generate prin simulare statistică și cu mărimi deterministe de test [1].

8. Rezultate obținute privind descoperirea și caracterizarea unor noi fenomene

Principala descoperire științifică a programului de cercetare efectuat, pe deplin verificată și confirmată experimental, se referă la formarea de erori ca rezultat al interacțiunii fluctuațiilor

*) cu colaborarea și sub îndrumarea științifică a prof. dr. ing. Constantin Iliescu, de la Institutul politehnic București.

mărimilor telemăsurate cu întîrzierea de transfer la centralizarea informației în sistemul teleinformatic. La data începerii cercetării, documentațiile prezentate de către toate firmele ofertante, ca și întreaga literatură științifică privind dispecerizarea sistemelor energetice, prezentau precizia telemăsurii ca fiind determinată de erorile echipamentului — erorile traductoarelor primare (0,2...0,5%) și eroarea de *cuantificare* aferentă transferului numeric, arătîndu-se că aceasta este neglijabilă dacă se utilizează telegrame de 8—9 biți semnificativi și coduri cu detecție eficace de erori. Dimpotrivă, în cadrul cercetării efectuate s-a demonstrat că, în cazul unor fluctuații avînd anvergură comensurabilă cu nivelul de eroare al echipamentului și avînd perioadă comensurabilă cu timpul de transfer — situație caracteristică în electroenergetică — se constituie o eroare dinamică ce devine predominantă în sistem și determinantă pentru precizia acestuia. De asemenea, dat fiind că detectarea de erori introduce întîrzieri suplimentare, un nivel ridicat de perturbații în canalele de telecomunicație conduce la o oarecare creștere a erorii dinamice chiar dacă nu se depășește distanța Hamming a codului detector de erori (fenomenul este mai pregnant în regimurile nestaționare ale sistemului energetic, cînd mărimile telemăsurate variază în rampă). A rezultat, totodată, corelarea erorilor aferente mărimilor corelate.

În domeniul întîrzierilor, a fost pusă în evidență o anumită periodicitate în variația acestora, ca urmare a suprapunerii ciclurilor, diferite, de funcționare a diferitelor echipamente conectate în cascadă.

9. Rezultate obținute privind particularități ale fluctuațiilor mărimilor din SEN

Din prelucrarea statistică a fluctuațiilor înregistrate a rezultat că distribuțiile valorilor și ale variațiilor (la intervale date de timp) sînt de tip normal, iar distribuțiile intervalelor de timp corespunzătoare unor variații ce depășesc un anumit ecart sînt de tip Γ; parametrii distribuțiilor nu variază sensibil în funcție de mediile distribuțiilor, la aceeași mărime (adică fluctuațiile își păstrează alura, puțin dependent de valoarea mărimii). Fluctuațiile evidențiază mai multe componente relativ stabile, cea mai rapidă avînd perioade de ordinul 1,2...1,8 s.

Au fost construite hărți ale sistemului energetic național, avînd marcate diferite caracteristici statistice ale fluctuațiilor în regim staționar, normal, în principalele noduri și pe principalele linii, caracterizate prin cinci clase, după plaja fluctuațiilor (clasa 1 — mai mici decît 1%... clasa 5 — peste 6%) și după abaterea standard a variațiilor la interval de 0,5 s (clasa 1 — mai mici decît 0,1%... clasa 5 — peste 1,0%). Tensiunile, puterile pe unele centrale de bază se încadrează în clasa 1; puterile active și reactive pe majoritatea liniilor interne sînt, în mod diferențiat, în clasele 2, 3, 4, iar linia Ludus-Mukacevo este în clasa 5, imprimînd un caracter mai puternic fluctuant întregii zone DET 5.

Nu s-au observat modificări semnificative ale caracteristicilor generale ale fluctuațiilor în cursul ciclului zilnic, deși alura fluctuațiilor anumitor mărimi concrete prezintă unele schimbări.

10. Rezultate obținute privind precizia

Pentru a pune în evidență fenomenul dependenței erorilor de nivelul de fluctuații ale mărimilor telemăsurate, au fost obținute (utilizînd simulatorul monofilar și fluctuații simulate) rezultatele prezentate în tabelul 1 [5], simulînd două sisteme teleinformatice avînd o aceeași structură; sistemul cu nr. 1 este constituit din componente cu precizie ridicată, iar nr. 2 — din componente de precizie scăzută.

Tabelul 1

Erori medii pătratice

Nivelul fluctuațiilor mărimii de intrare	Scăzut	Foarte pronunțat	Col. 3 / Col. 2
Precizia componentelor sistemului			
1 — ridicată	0,51%	10,2%	20
2 — scăzută	0,98%	11,7%	10
Cîștigul relativ de precizie (sistemul 1, față de sistemul 2)	94%	15%	—

Se poate constata (evident, cu referire la sistemele concrete simulate) că mărirea nivelului de fluctuații ale variabilei de intrare conduce la modificări substanțiale ale preciziei globale. Totodată, sistemul nr. 1, care este mai scump, este aproximativ de două ori mai precis decît sistemul nr. 2 numai dacă fluctuațiile sînt mici; altminteri, ambele sisteme au erori comparabile.

Din varietatea de rezultate obținute cu simulatorul „trafic total" [6], rezultă că nivelurile de erori relative, mediate pe ansamblul mărimilor centralizate și pe ansamblul fiecărei experiențe, în regimurile normale de funcționare analizate și în condițiile unui transfer ciclic neîntrerupt al mesajelor prin sistemul teleinformatic, sînt caracterizate prin: valoare medie apropiată de zero (0,3—0,4%), valori medii pătratice de ordinul 4—6%, valori maxime și minime, respectiv $\pm 30-40\%$. Nu se observă diferențe semnificative între nivelurile de erori medii relative rezultate la DET și la DEN. Cu toate acestea, între valorile memorate

între calculatoarele de la DET și DEN există diferențe semnificative de valoare la un același moment de timp ; aceste diferențe sînt de același ordin de mărime cu valorile erorilor la fiecare dintre cele două niveluri.

Ponderea erorilor introduse de echipamentele de tip analogic este practic nesemnificativă. Creșterea de eroare în prezența erorilor datorate conversiilor analogice este de ordinul 10% din valoarea erorii relative. Erorile analogice sînt semnificative numai la tipurile de mărimi cu fluctuații foarte reduse.

În regimul de funcționare cu „rampă" al sistemului energetic apar valori semnificative, negative cînd rampa este pozitivă, ale erorilor medii. Pentru regimul cu rampă simulat, valoarea absolută a erorilor medii este de circa 2 ori mai mare decît în regim normal, iar eroarea medie pătratică crește de circa 5—10 ori. Pentru regimul cu rampă, așa cum era de așteptat, nivelurile erorilor sînt mai mici la DET față de DEN de circa 2 ori, în regimul cu rampă erorile fiind mai puternic afectate de valoarea întîrzierilor de transfer al informației.

Caracterul fluctuațiilor mărimilor telemăsurate reprezintă principalul factor care afectează precizia rezultată. Pentru diferitele tipuri de mărimi caracterizate prin niveluri diferite ale fluctuațiilor, nivelurile de erori rezultate variază sensibil. Astfel, pentru mărimile puternic fluctuante, ca de exemplu puteri active pe linii de interconexiune, erorile relative medii pătratice rezultă la nivelul DET și DEN de ordinul 7—12%, în timp ce pentru tensiuni, în aceleași condiții se obțin erori de 0,05—0,28%.

În ceea ce privește împrăștierea erorilor pe *ansamblul mărimilor la un moment dat de timp*, se exemplifică eșantionul 15 din secunda 16,2 din experiența 8—81—811—811—811 (mărimi generate, regim normal, conversii analogice și numerice, erori globale — la nivel DEN) : eroarea medie pe ansamblul mărimilor 1,1%, *abatere standard* 5,7%, eroarea maximă, la o mărime, fiind +31%, în timp ce la altă mărime se constată o eroare de —13%, constatare deosebit de importantă pentru calculele de balanță energetică în noduri sau pe contururi.

Se menționează că toate aceste rezultate se referă la experiențele în care filtrarea la dispecerul național a fost cu constantă de timp nulă.

11. Rezultate obținute privind întîrzierea de transfer

Analiza transferului unor pachete de telesemnalizări cu ajutorul simulatorului monofilar corespunzător a evidențiat o întîrziere medie de 4,4 s, cu o distribuție apropiată de cea normală, dar asimetrică. S-a pus în evidență diferența importantă între întîrzierea maximă (9,5 s) și cea minimă (1,93 s).

Cu simulatorul „trafic total" [6], în regimul de funcționare ciclic neîntrerupt al sistemului teleinformatic la nivelul DEN, întîrzierile telemăsurilor pe ansamblul mărimilor și al experienței variază între 1,27 s și 13,4 s, avînd o valoare medie de 6,24 s cu o abatere-standard de circa 2 s. La nivelul DET, întîrzierile variază între 0,1 și 6,6 s, cu o medie de 2,3 s și o abatere-standard de 1,33 s. Există diferențe între întîrzierile medii realizate pe diferiții dispeceri teritoriali. Întîrzierea maximă apare la DET 3 (media 7,25 s și $\sigma = 2{,}3$ s), iar cea minimă la DET 4 (media 5,6 s și $\sigma = 1{,}73$ s).

Perturbațiile din canalele de telecomunicație afectează în special valorile întîrzierilor la nivelul unora dintre mărimi. Mediile sînt afectate sensibil numai în cazul unor situații limită de funcționare, cînd erorile afectează în special informația de sincronizare și adresa din mesajul transmis. În acest caz, întîrzierile maxime la DEN au valori de pînă la 36,5 s, iar media crește de la circa 6 s la circa 15 s.

La transmiterea prin sistem a unui pachet de telesemnalizări în condiții normale (neperturbate) s-au obținut întîrzieri variind între 0,57 și 2,7 s la DET și 2,4 și 6,8 s la DEN. Pentru telesemnalizări apărute simultan, ecartul maxim de timp la recepție a fost, în experiența simulată, de 2,1 s.

Se constată că, în cadrul aceluiași eșantion de timp, între valorile întîrzierii telemăsurilor pentru diferitele mărimi există diferențe semnificative. Astfel, de exemplu, în cazul simulării regimului ciclic neîntrerupt de funcționare a sistemului teleinformatic, în eșantionul 20 la nivelul DEN valorile minime și maxime ale întîrzierii erau de 2,6 și, respectiv, de 10,9 s, iar abaterea-standard de 2,3 s.

12. Rezultate obținute privind optimizări ale unor parametri de funcționare

Reducerea vitezei de transmisie la DET între buffer și calculator de la 1200 la 600 bauzi conduce, la nivelul DEN, la creșteri de numai circa 2% pentru valoarea medie a întîrzierilor, dispersia, valorile maxime și minime rămînînd practic neafectate, astfel încît funcționarea cu 600 bauzi este admisibilă din punctul de vedere al rapidității de transfer.

O cercetare aparte a fost efectuată asupra metodei de telemăsură la variație, sau retransmisie cu limite glisante [7]. A fost pusă în evidență existența unei dimensiuni optime a ecartului (a valorii variației la care se transmite noua valoare a mărimii, modificată față de cea memorată anterior), dimensiune pentru care eroarea medie pătratică este minimă, precum și dependența acestei dimensiuni optime față de nivelul de fluctuații și de gradul de corelare a fluctuațiilor diferitelor mărimi retransmise prin același echipament. Un algoritm

original, elaborat și experimentat, poate asigura optimizarea automată în funcție de nivelul instantaneu al fluctuațiilor.

Un alt parametru susceptibil de optimizare cu ajutorul simulatoarelor elaborate este constanta de timp de filtrare a telemăsurilor în calculatorul de proces de la DEN.

13. Concluzii

Rezultatele obținute în cadrul programului de cercetare prezentat au fost aplicate în practică prin contribuția adusă în favoarea alegerii unor soluții moderne și eficiente în sistemul teleinformatic, precum și prin precizări și completări aduse pe parcurs caietului de sarcini și soluțiilor tehnice ca urmare a fenomenelor constatate prin simulare. De asemenea, valorile concrete stabilite privind erorile și întîrzierile au constituit și constituie în continuare repere la proiectarea programelor pentru calcule energetice, precum și pentru exploatarea rațională a sistemului teleinformatic.

Metoda de cercetare elaborată și instrumentele de cercetare realizate constituie totodată suportul științific al unor cercetări similare viitoare, pentru dezvoltarea în continuare a conducerii prin dispecer a sistemului energetic național, precum și pentru analiza previzională a calității funcționării altor obiective energetice viitoare complexe.

Bibliografie

[1] Felea, S., Duma, M., Emanoil, Al. și Vișan, I. *Concepții, soluții și instrumente de calcul elaborate pentru cercetarea sistemelor complexe cu ajutorul metodei simulării statistice.* Sesiunea jubiliară ICEMENERG, 1980.

[2] Duma, M. și Felea, S. *Performance evaluation o teleprocessing systems.* În : Modern Trends in Cybernetics and Systems. Vol. II, p. 815—823. Ed. Springer, Berlin, Heidelberg, N. Y., 1975.

[3] Felea, S. *O analiză de fiabilitate pentru alegerea soluției structurale a sistemului teleinformațional al DEN.* Prima conferință a energeticienilor din România, București, 1974 (1975).

[4] Felea, S., Emanoil, Al. și Nicolau, S. *Studiul experimental al siguranței transmiterii de date numerice prin rețeaua telex a Dispecerului energetic național.* Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICENERG-IRME, București, 1973.

[5] Felea, S. *Niveluri, ponderi și structuri de erori ale telemăsurii într-un sistem teleinformațional.* Sesiunea de comunicări tehnico-științifice ICENERG-IRME, București, 1973.

[6] Felea, S. *Analiza pe un model de simulare statistică a procesului de transfer al mesajelor în sistemul teleinformatic al Dispecerului energetic național.* Sesiunea de comunicări științifice, Academia R.S.R., Secția de științe tehnice, București, 1977.

[7] Duma, M. *Analiza prin simulare statistică a compresiei datelor după metoda limitelor glisante.* Sesiunea de comunicări științifice în domeniul calculatoarelor, Institutul politehnic Timișoara, 1974.

[8] Institutul de metrologie. *Studiu documentar privind metodele de determinare a erorilor statice rezultate în sistemele teleinformaționale.* Contract ICENERG nr. 2378/71.

[9] Popescu, V. și Drăghici, Gh. *Aparat pentru transfer de date.* În : Energetica, 25, 1977, nr. 1, p. 34—37.

Conținutul actualului sistem de indicatori tehnico-economici reflectat într-o bancă de date pentru activitatea de planificare la nivelul centralelor industriale din cadrul M.E.E.

ing. **Sanda Felea**
ec. **Gh. Pribiag**
matem. **Magdalena Cuciureanu**
matem. **Ion Vișan**
ing. **Adrian Iuga**
— ICEMENERG —

ing. **Emil Luca**
— CIPEET —
ec. **Fulga Ștefănescu**
— CIRE —

1. Problema

O bancă de date utilă activității de planificare trebuie să cuprindă informațiile necesare pentru o serie de utilizări, ca : elaborarea unor variante de plan, editarea dărilor de seamă statistice, realizarea de analize economice, grafice și răspunsuri la unele cereri simple, referitoare la un aspect concret al procesului economic.

Pentru a răspunde acestor necesități, o bancă de date trebuie să cuprindă cvasitotalitatea informațiilor tehnico-economice la nivelul activității de planificare, ceea ce este posibil dacă se are în vedere stocarea în banca de date a ansamblului de informații cuprinse în actualul sistem de indicatori pentru planificare, control și urmărire a activității economice. Acest sistem a fost conceput astfel încît să poată reflecta suficient de veridic activitatea complexă și multilaterală din ramura energiei electrice și termice, prin mulțimea indicatorilor fizici, valorici și natural-convenționali. Informațiile economice din cadrul acestui sistem sînt însoțite de toate caracteristicile necesare plasării lor în spațiu, timp, în structurile organizatorice, teritoriale, tehnologice și pe diverse niveluri de agregare. Se pune problema elaborării unui model de descriere a sistemului de indicatori care să permită reprezentarea acestuia prin structura de date apte să fie descrise și gestionate cu ajutorul calculatorului.

2. Soluția

În realizarea practică a unei bănci de date la nivelul activității de planificare dintr-o centrală industrială din cadrul M.E.E., s-au parcurs următoarele etape :

2.1. *Reprezentarea structurii și evaluarea volumului de informație economică, necesară planificării activității industriale*

În această etapă, principala sursă de informare a fost constituită din dările de seamă

statistice pe care centralele industriale le întocmesc periodic (lunar, trimestrial și anual).

Analiza acestora a permis, pe de o parte, identificarea principalelor structuri de informație, specifice sistemului de indicatori folosit pentru planificarea producției industriale, iar pe de altă parte să se evalueze volumul de informații necesar a fi stocate în banca de date, astfel încît să reflecte toate caracteristicile indicatorilor. În soluția elaborată, reflectarea în banca de date a sistemului de indicatori se realizează prin descrierea a cinci structuri principale : tehnico-economică, temporală, organizatorică, teritorial-administrativă și tehnologică.

În structura tehnico-economică sînt descrise caracteristicile de identificare a indicatorilor, ca : denumire, cod, mnemonică și caracteristicile modului de exprimare a valorilor stocate : tip (planificat sau realizat), unitate de măsură și natură (valorică, naturală sau natural-convențională). În aceeași structură a rezultat necesară definirea unor grupări ale indicatorilor, și anume : grupe sintetice (numite criterii) și grupe analitice (numite selecții).

Gradul de agregare și relațiile logice dintre indicatori au fost descrise în soluția elaborată sub forma unor arbori de defalcare pe niveluri ierarhice. Definirea criteriilor, selecțiilor și a relațiilor logice dintre indicatori, pe baza unor cereri care țin seama de logica fenomenelor economice, permite multiple utilizări ale informațiilor stocate.

La nivelul structurii tehnico-economice au fost, de asemenea, descrise, pentru a fi stocate în baza de date, cheile de validare utilizate pentru principalii indicatori. Fiecărui indicator descris îi pot fi asociate relații de calcul simple, care pot cuprinde, ca operanzi, oricare dintre indicatorii descriși în baza de date și, ca operatori, operațiile aritmetice uzuale.

Structura temporală este organizată pe mai multe niveluri, corespunzătoare anilor, semestrelor, trimestrelor, lunilor și decadelor.

În structura organizatorică au fost descrise nivelurile ierarhice existente în actuala structură a conducerii economiei naționale : ministere/organe centrale, centrale industriale, întreprinderi și unitățile componente ale acestora.

Structura teritorial-administrativă cuprinde trei niveluri ierarhice : localități, județe și nivel național.

În sfîrșit, în structura tehnologică sînt descrise unitățile de exploatare (de exemplu centralele electrice) și unitățile tehnologice componente ale acestora, la nivelul utilizat în activitatea de planificare (de exemplu etapele din cadrul unei centrale electrice).

În afara structurilor definite mai sus, în banca de date un loc aparte îl ocupă colecția valorilor. Acestea sînt stocate nestructurat, sub forma unei liste neordonate, la care se adaugă, pe măsura încărcării băncii, noile valori. Pentru fiecare valoare sînt prevăzute legături cu celelalte structuri, corespunzătoare nivelului de defalcare la care se referă valoarea stocată a indicatorului.

Ca rezultat al acestei etape, a fost elaborată soluția de structurare a băncii de date și de dimensionare a volumului de date pentru fiecare dintre colecțiile de elemente cuprinse în diferite structuri.

2.2. *Descrierea detaliată a sistemului de indicatori*

Pe baza analizei de detaliu a sistemului de indicatori cuprinși în dările de seamă statistice, a fost identificată și descrisă mulțimea relațiilor structurale și de calcul dintre indicatori, definindu-se criteriile, selecțiile, arborii de defalcare pe niveluri ierarhice și relațiile de calcul dintre indicatori.

De asemenea, analiza a evidențiat unele particularități ale procesului de producție în ramura energiei electrice și termice, ca, de exemplu, repartizarea și urmărirea realizării planului pe etapele constructive din cadrul unei centrale electrice sau faptul că indicatorii de volum ai producției industriale au o semnificație redusă în comparație cu indicatorii de consum și consum specific, indicatorii de puteri electrice sau indicatorii procesului de transport și distribuție a energiei electrice. Avînd în vedere aceste aspecte, în banca de date s-au stocat cu precădere tocmai valorile acestor indicatori specifici.

Ca rezultat al acestei etape, au fost elaborate două cataloage ale informațiilor descrise în banca de date, și anume : catalogul indicatorilor tehnico-economici și catalogul unităților, care cuprinde descrierea unităților economico-administrative, unităților teritoriale și unităților tehnologice, precum și relațiile de subordonare și cooperare dintre acestea.

Catalogul indicatorilor se compune din trei părți :

a) Lista indicatorilor, în care mulțimea indicatorilor este structurată pe următoarele capitole : producția valorică, producția fizică, balanțe de energie, capacități de producție, consumuri și norme de consum, forță de muncă și retribuție, în interiorul capitolelor indicatorii fiind grupați pe grupe mai mici, numite paragrafe. Criteriul care a stat la baza acestor două grupări a fost cel al asemănării conținutului exprimat de respectivii indicatori. Fiecare paragraf este precedat de o schemă structurată, care este, de fapt, o reprezentare grafică a

relațiilor structurale existente între indicatorii din paragraf.

În lista propriu-zisă, indicatorii sînt prezentați împreună cu toate caracteristicile de natură să faciliteze încărcarea, regăsirea și prelucrarea valorilor indicatorilor, astfel :

— denumirea ;
— codul numeric ;
— mnemonica ;
— unitatea de măsură ;
— periodicitatea cu care este urmărită evoluția indicatorilor (decadă, lună, trimestru sau an) ;
— denumirea dării de seamă statistice sau a formularului din care se culeg informații despre indicatorul respectiv ;
— tipul valorii indicatorului : planificat sau realizat, ambele tipuri putînd să fie defalcate sau cumulate ;
— o relație de calcul principală ce permite calcularea valorii indicatorilor derivați sau sintetici.

b) Lista relațiilor de calcul.

Din cauza spațiului limitat, în lista indicatorilor apar numai relațiile de calcul principale, în timp ce în lista relațiilor de calcul apar toate relațiile de calcul existente între indicatorii din catalog. Acestea sînt grupate pe paginile listei de indicatori, iar în interiorul paginii, pe indicatorii- cap de relație. Fiecărei relații i s-a atribuit un cod care permite să se afle în cîte relații de calcul se găsește un indicator-cap de relație.

c) În ultima parte a catalogului se găsesc arborii de defalcare pe niveluri ierarhice și lista criteriilor și selecțiilor.

Așa cum s-a arătat și la începutul lucrării, pornind de la observația că indicatorii, ca părți ale unui sistem, nu sînt izolați, ci dependenți unii de alții, exprimînd în totalitatea lor diverse aspecte ale procesului economic, pe de o parte, iar pe de altă parte că aceștia reflectă desfășurarea fenomenelor economice în diverse stări de agregare, s-a considerat utilă reprezentarea indicatorilor pe arbori de defalcare pe niveluri ierarhice.

Utilitatea arborilor constă nu numai în faptul că permite să se înțeleagă mai ușor contextul în care se găsește un indicator într-o mulțime de indicatori, ci și în posibilitatea de a opera anumite selecții definite pentru diverse utilizări ale informațiilor stocate în banca de date. Se pot, astfel, defini selecții care să permită editarea unor dări de seamă statistice, a unor rapoarte sau informații adresate conducerii centralei industriale sau selecții necesare efectuării unor analize economice.

Fiecărui arbore de defalcare pe niveluri ierarhice îi corespunde un paragraf din lista indicatorilor (prin aceasta trebuie să se înțeleagă că aceiași indicatori se găsesc atît în paragraf, cît și în arbore, diferența între aceștia fiind în modul de prezentare a indicatorilor).

Pentru un arbore de defalcare s-au definit mai multe selecții, împărțite în două categorii : selecție de tip 1 și selecție de tip 2.

Selecțiilor de tip 1 li se asociază indicatori în diverse stări de agregare (indicatori superiori și indicatori inferiori), iar selecțiilor de tip 2 li se asociază indicatorii aflați pe același nivel ierarhic (indicatorii echivalenți).

Criteriile sînt niște selecții cu o sferă de cuprindere mai mare decît acestea, astfel că un criteriu cuprinde fie mai multe selecții dintr-un arbore de defalcare, fie selecții din mai mulți arbori.

Pentru apelarea unui criteriu sau a unei selecții, în listă se găsesc următoarele informații :

— numărul capitolului și al paragrafului din lista indicatorilor ;
— codul criteriului ;
— codul selecției ;
— denumirea criteriului sau a selecției ;
— tipul selecției ;
— mnemonica criteriului/selecției.

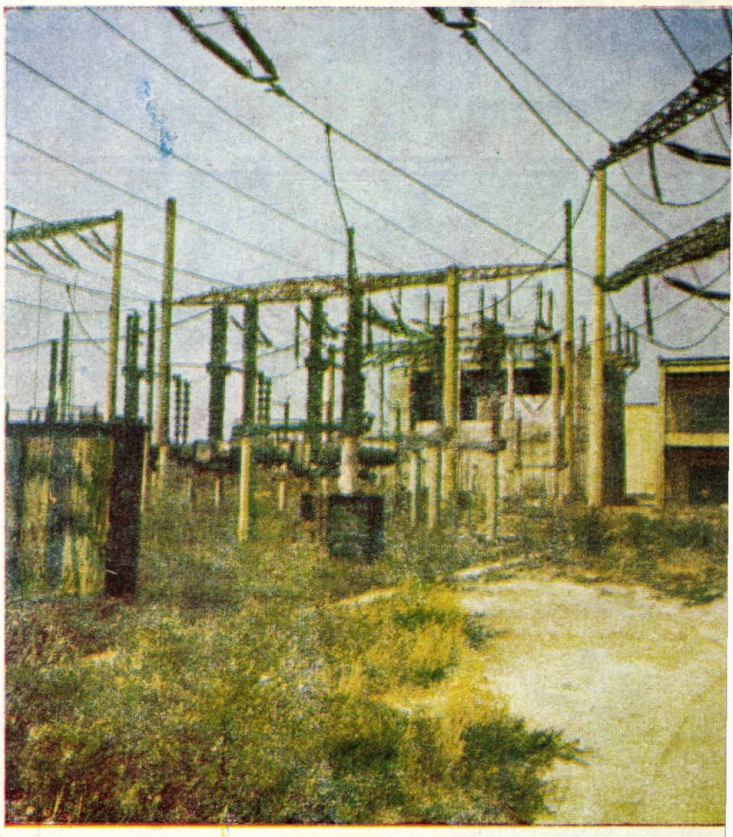
Orice operație de exploatare a băncii este precedată de consultarea celor două cataloage, din care se extrag informațiile necesare completării parametrilor din formularele tipizate (mnemonica, codul, tipul valorii și relația de calcul principală). Catalogul de indicatori poate fi utilizat și pentru aflarea arborelui de defalcare sau a criteriilor și selecțiilor care conțin un anumit indicator.

3. Aplicarea în practică

Pe baza soluției prezentate au fost realizate bănci de date pentru activitatea de planificare din cele două centrale industriale : CIPEET și CIRE, în care sînt stocate, la data publicării prezentei comunicări, aproximativ 100 000 de valori. Valorile încărcate se referă la anii 1978—1980. Cu ajutorul informațiilor stocate s-au realizat mai multe aplicații, din care se amintește editarea unor grafice de dinamică, a unor liste și tabele la cerere, precum și editarea dării de seamă statistice Interdep. 1, privitoare la capacitățile de producție din întreprinderile de rețele electrice.

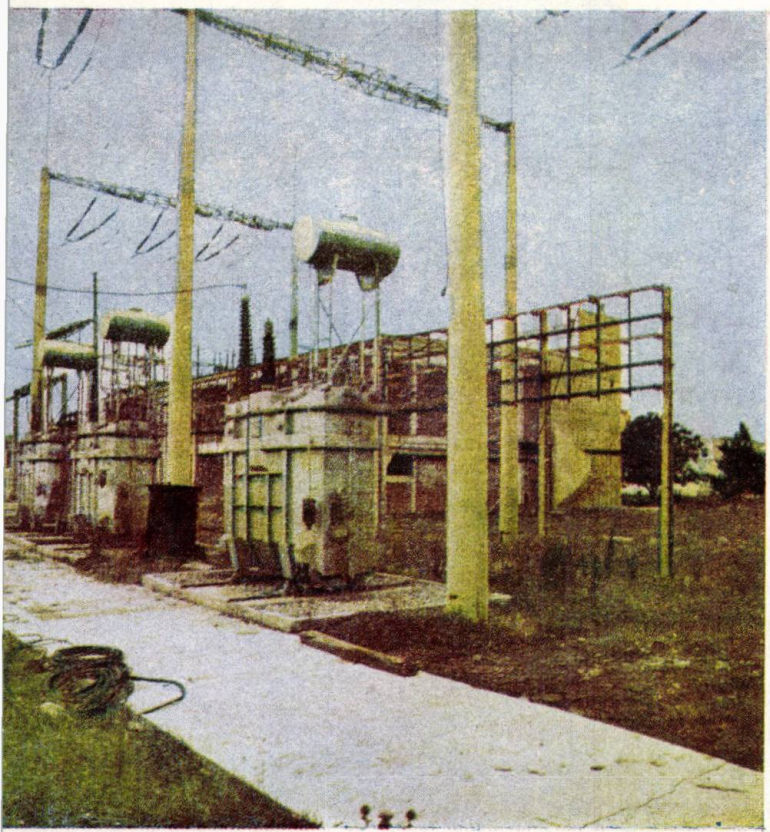
Soluția elaborată pentru reflectarea într-o bază de date a sistemului actual de indicatori, verificată în practică la nivelul indicatorilor utilizați în cadrul serviciilor plan ale CIRE și CIPEET, are un caracter general. Soluția de structurare a datelor poate fi utilizată pentru realizarea unor noi secțiuni ale băncii de date, referitoare la alte activități ale centralelor industriale.

Staţia de încercări de mare putere. Standul
110-220 kV. Putere de scurtcircuit = 5000 M



ICEMENERG

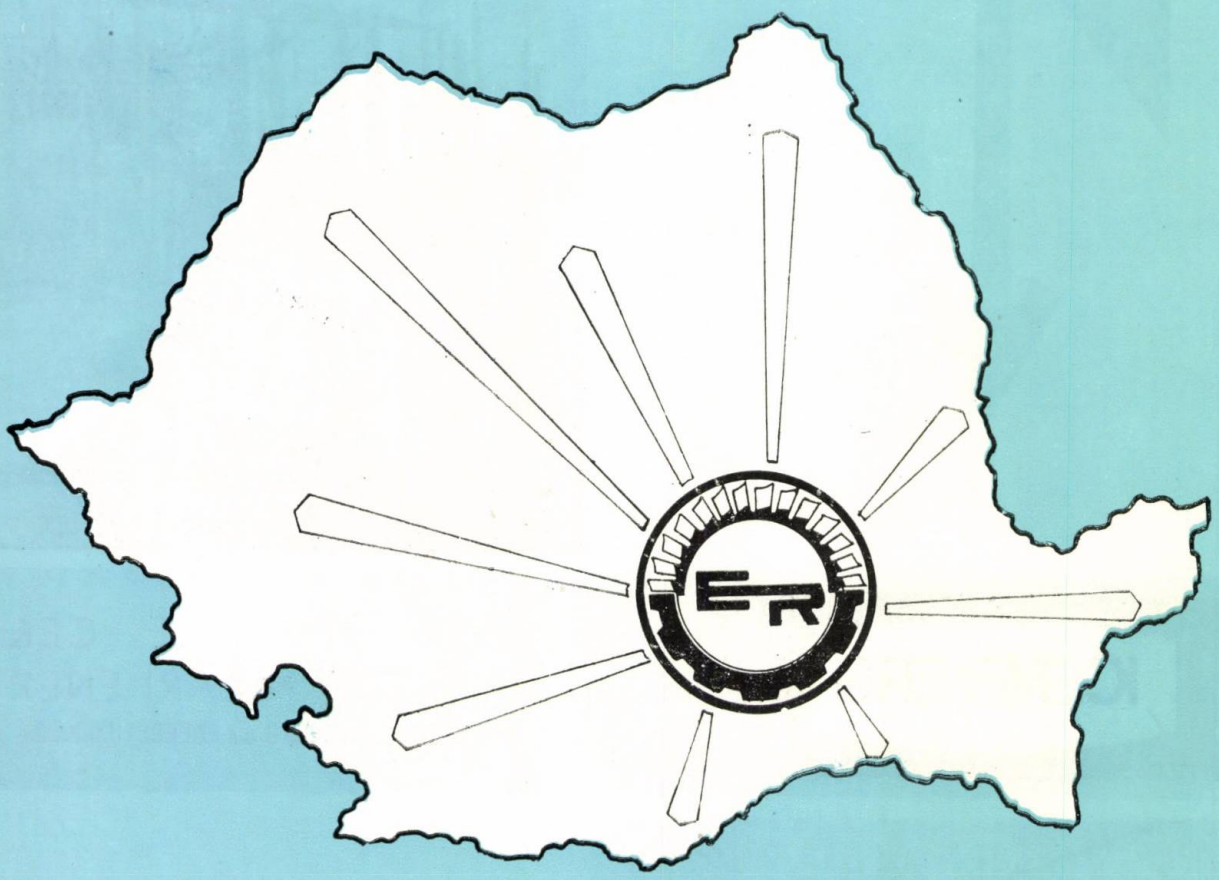
INSTITUTUL DE CERCETĂ
ŞI MODERNIZĂRI ENERGETIC
BUCUREŞTI Sect. 3 ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46



Staţia de încercări de mare putere. Standul de medie tensiune, de 1-24 kV. Putere de scurt-

ENERGOREPARAŢII

Bucureşti, Bd. Mărăşeşti nr. 2, sector 5
Telefon : 23.26.40



Execută pentru sectorul energetic :

Dispozitive, mecanisme, utilaje şi agregate, destinate mecanizării muncii din activitatea de construcţii-montaj de producere şi distribuţie a energiei electrice, de reparare a agregatelor energetice etc.

Utilaje, părţi de utilaje sau subansambluri necesare lucrărilor de investiţii din sectorul energetic (pompe de combustibil, pompe de injectat ciment, acţionări pneumatice cu ventile, batardouri, grătare pentru stavile etc.).

Reparaţii la : turbine cu abur, turbine hidraulice, generatoare electrice, compresoare, motoare electrice, motoare diesel stabile.

Piese de schimb pentru : turbine cu abur şi hidraulice, cazane de abur, instalaţii pentru pregătirea şi transportul combustibilului, motoare cu ardere internă şi compresoare, instalaţii şi utilaje auxiliare din centrale (pompe, ventilatoare, vane etc.).

Asistenţă tehnică în probleme de : vibraţii la agregate şi palete, echilibrări grupuri, analize defectoscopice, metalografice etc.

Recepţia la furnizori a echipamentelor energetice (turbine pentru centrale termo- şi hidroelectrice, generatoare, cazane, pompe etc.).

Trustul de Construcţii Hidroenergetice

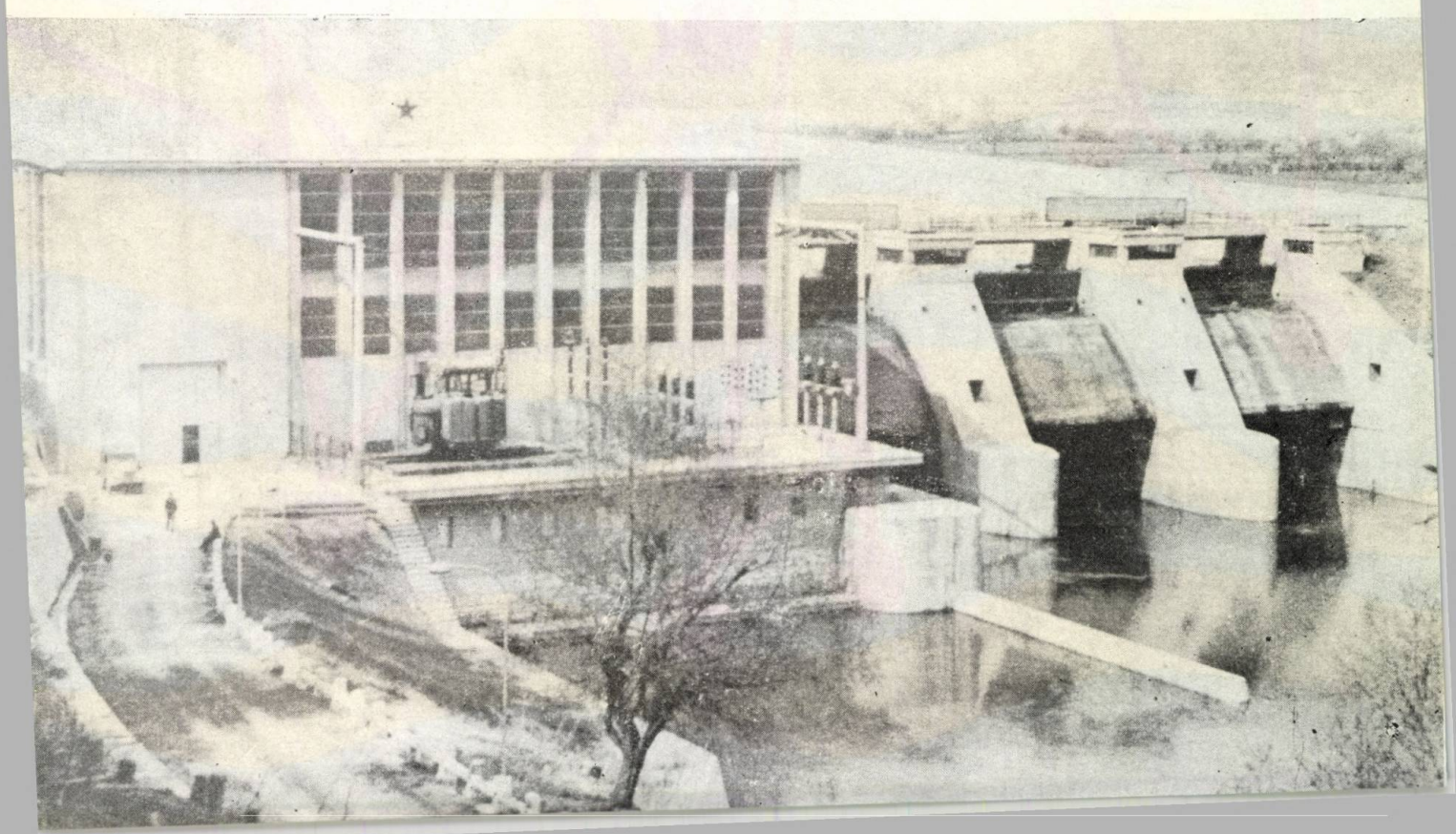
BUCUREŞTI

Str. Dimitrie Onciul Nr. 23—25
Sector 2 Cod 70318

Telefon : 35.54.70
Telex : 10244R

EXECUTĂ

- construcţii de baraje
- aducţiuni şi galerii hidrotehnice
- centrale hidroelectrice subterane şi supraterane
- ecluze de navigaţie
- gospodării de agregate şi betoane



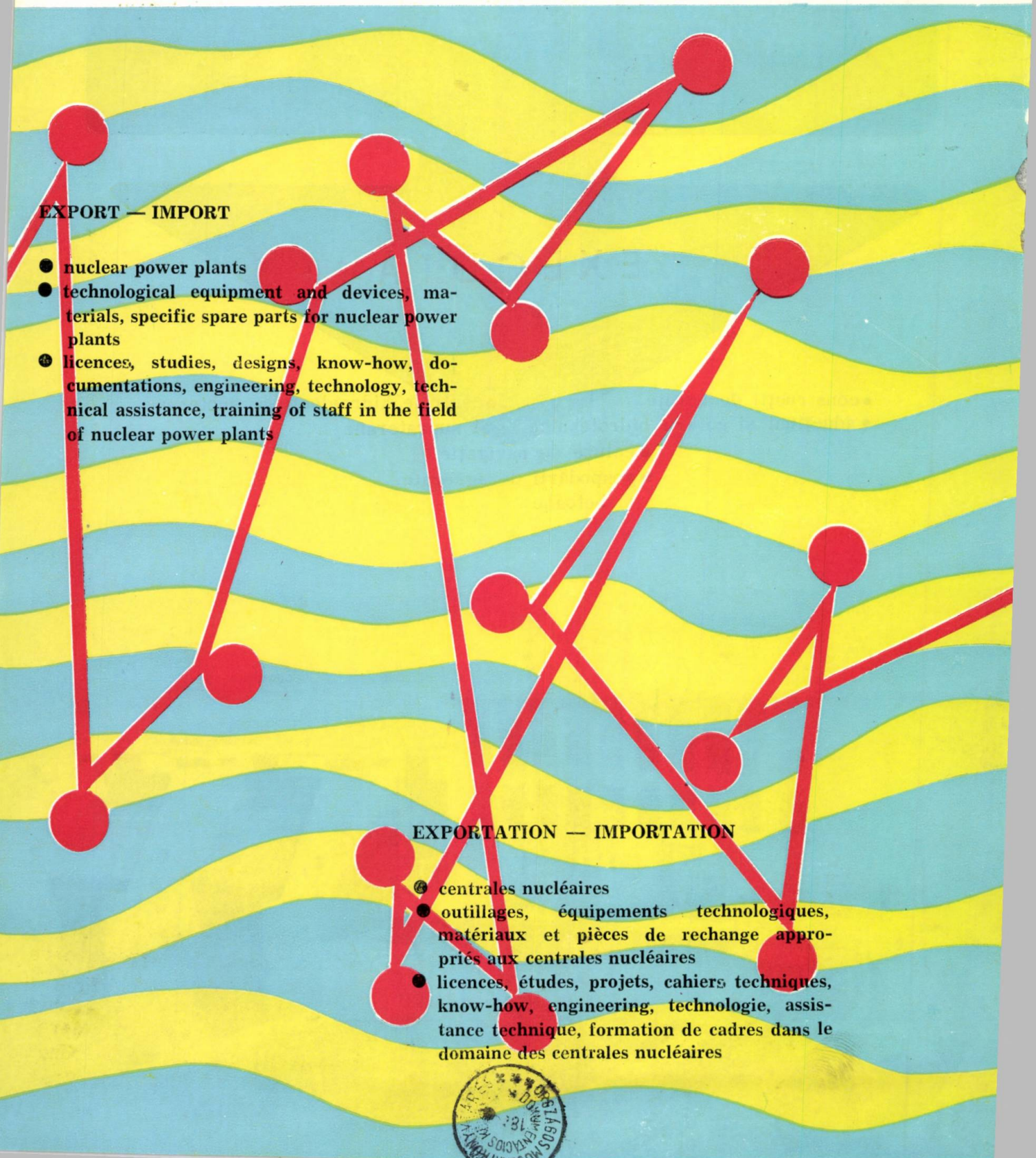
ROMENERGO

FOREIGN TRADE COMPANY

ROMÂNIA - BUCHAREST
Calea Victoriei 194 - Sector 1
CABLES:
ROMENERGO BUCUREȘTI
P.O. BOX: 22 - 153
TELEX: 011525 romeng r
POSTAL CODE: 71 101

PHONE: 50 66 82

IMPORT-EXPORT IN THE NUCLEAR FIELD

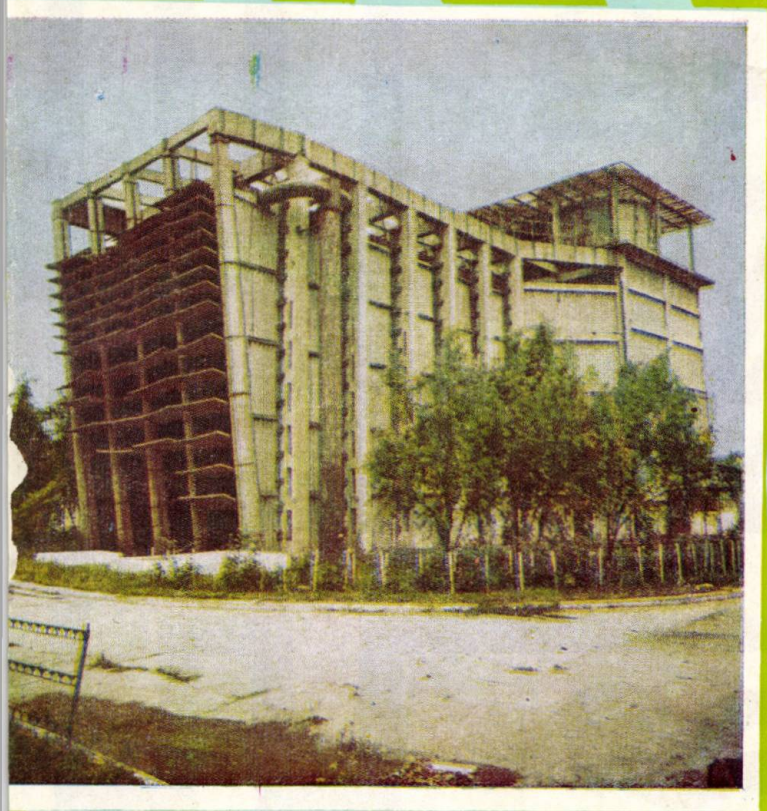


EXPORT — IMPORT

- nuclear power plants
- technological equipment and devices, materials, specific spare parts for nuclear power plants
- licences, studies, designs, know-how, documentations, engineering, technology, technical assistance, training of staff in the field of nuclear power plants

EXPORTATION — IMPORTATION

- centrales nucléaires
- outillages, équipements technologiques, matériaux et pièces de rechange appropriés aux centrales nucléaires
- licences, études, projets, cahiers techniques, know-how, engineering, technologie, assistance technique, formation de cadres dans le domaine des centrales nucléaires

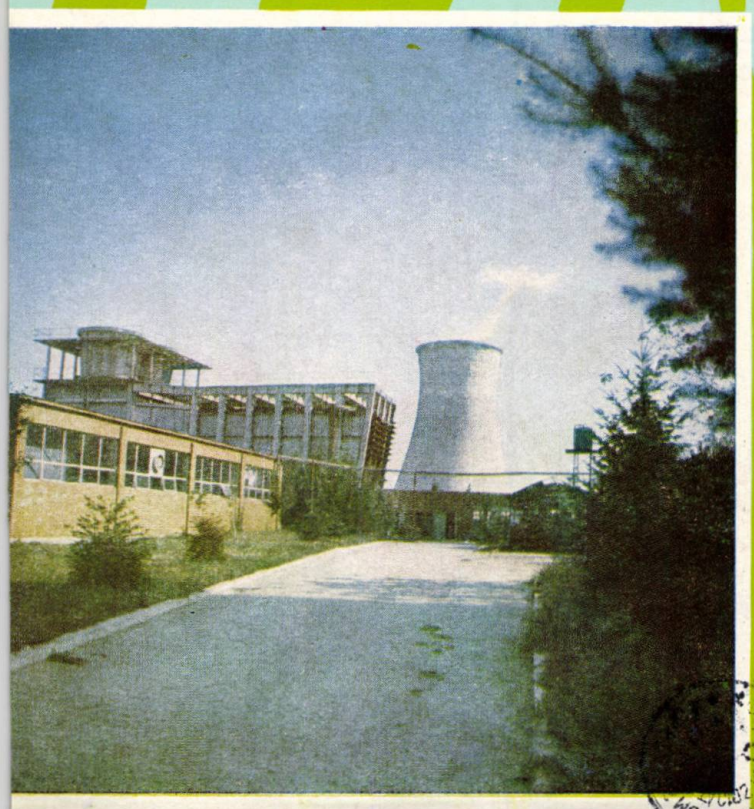


ICEMENERG

INSTITUTUL DE CERCETĂRI ŞI MODERNIZĂRI ENERGETICE

BUCUREŞTI Sect. 3 ● B-dul ENERGETICIENILOR, 8 ● Tel. 21.46.30

Instalaţie debitmetrică pentru etalonarea în laborator a dispozitivelor de măsurare a debitelor de apă din conducte şi canale sub presiune. Dispozitivele etalonate se introduc în instalaţiile sistemului energetic.



Staţia-pilot pentru cercetarea turnurilor de răcire umede. Instalaţia permite testarea caracteristicilor termice şi aerodinamice ale diferitelor zone şi umpluturi situate în contracurent sau curent transversal la diferite sarcini termice, hidraulice şi aerodinamice. Rezultatele obţinute se introduc direct în proiectarea turnurilor de răcire cu tiraj natural şi forţat.

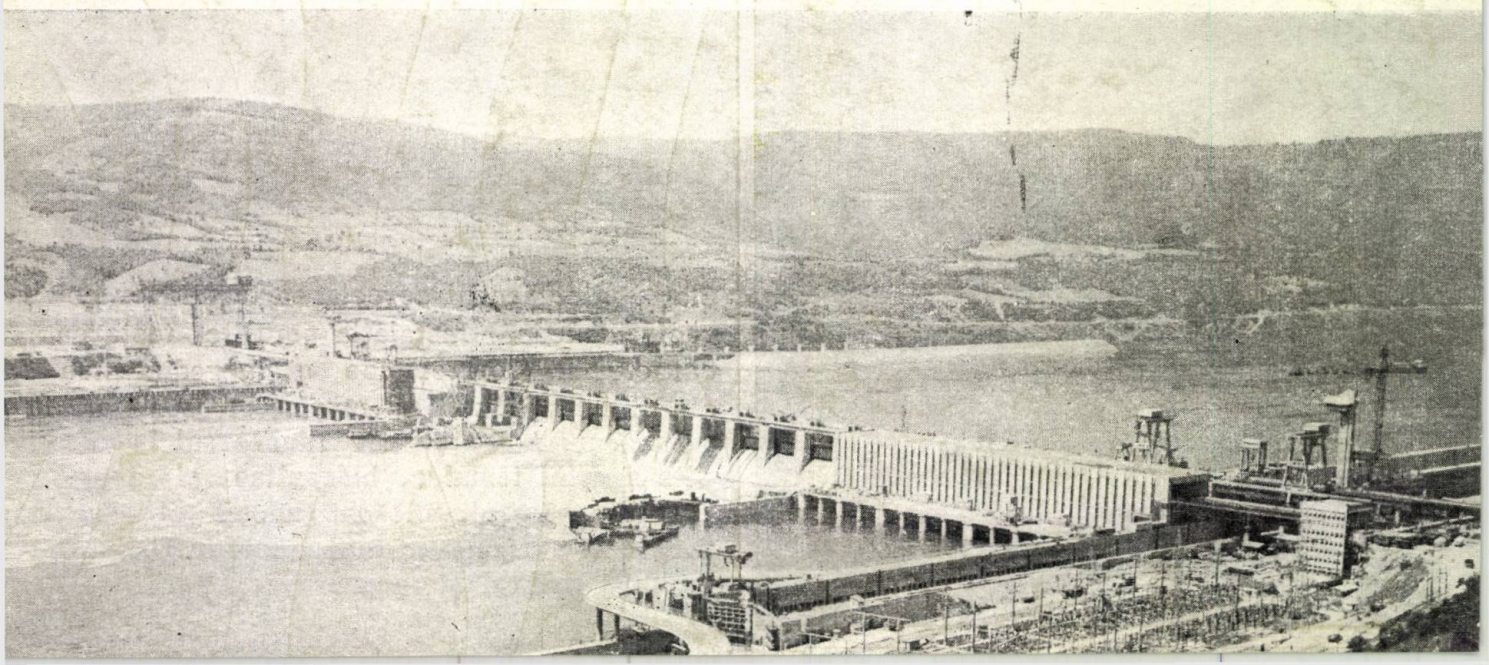
1981 MAJ 1

Trustul de Construcţii Hidroenergetice

BUCUREŞTI
Str. Dimitrie Onciul Nr. 23—25
Sector 2 Cod 70318
Telefon : 35.54.70
Telex : 10244R

1981 MAR

execută în ţară şi în străinătate centrale hidroelectrice
şi lucrări hidrotehnice complexe



D 2039

MW

12

Elektrotechnika
Kiadott

R

REFERÁLVA

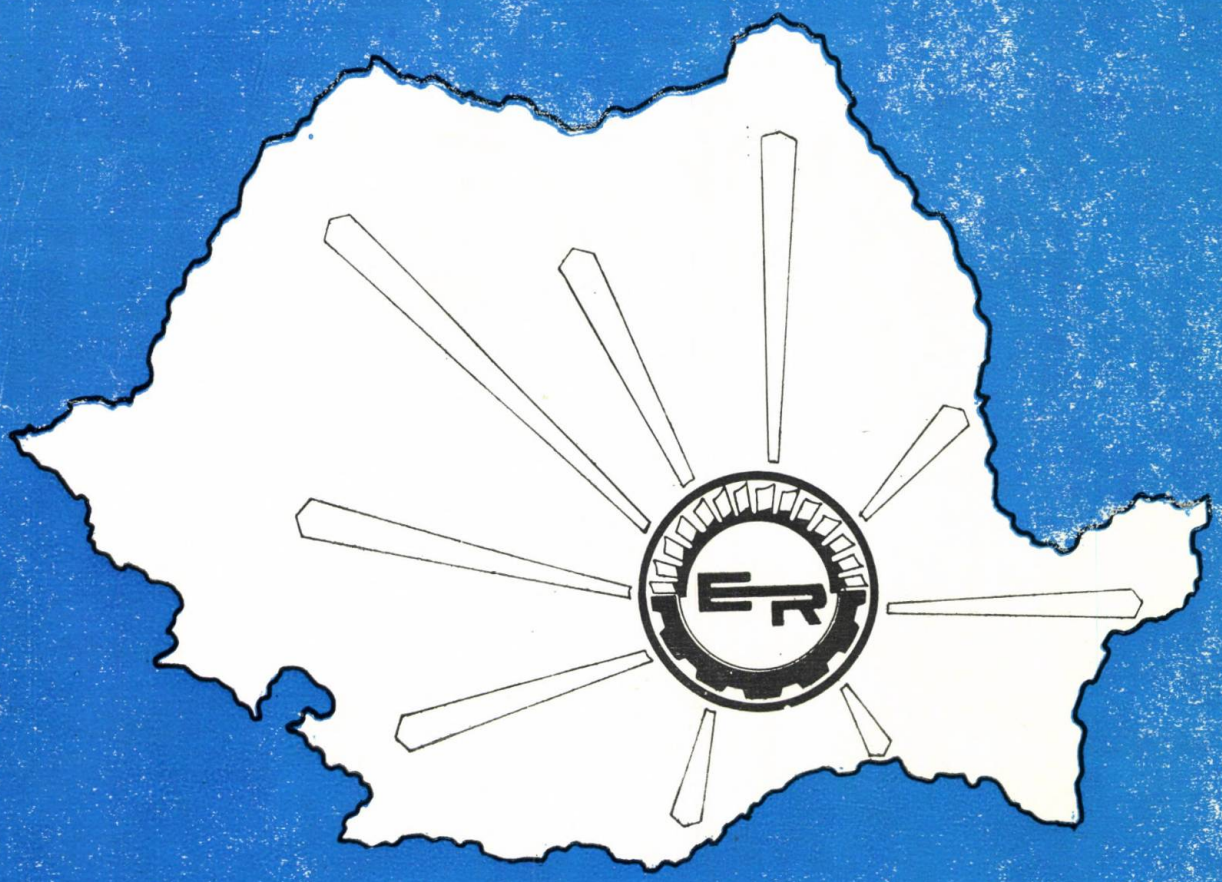
VOLUMUL XXVIII
BUCUREŞTI
DECEMBRIE — 1980

energetica

0 6 12 18 24

ENERGOREPARAŢII

Bucureşti, Bd. Mărăşeşti nr. 2, sector 5
Telefon : 23.26.40



Execută pentru sectorul energetic :

Dispozitive, mecanisme, utilaje şi agregate, destinate mecanizării muncii din activitatea de construcţii-montaj de producere şi distribuţie a energiei electrice, de reparare a agregatelor energetice etc.

Utilaje, părţi de utilaje sau subansambluri necesare lucrărilor de investiţii din sectorul energetic (pompe de combustibil, pompe de injectat ciment, acţionări pneumatice cu ventile, batardouri, grătare pentru stavile etc.).

Reparaţii la : turbine cu abur, turbine hidraulice, generatoare electrice, compresoare, motoare electrice, motoare diesel stabile.

Piese de schimb pentru : turbine cu abur şi hidraulice, cazane de abur, instalaţii pentru pregătirea şi transportul combustibilului, motoare cu ardere internă şi compresoare, instalaţii şi utilaje auxiliare din centrale (pompe, ventilatoare, vane etc.).

Asistenţă tehnică în probleme de : vibraţii la agregate şi palete, echilibrări grupuri, analize defectoscopice, metalografice etc.

Recepţia la furnizori a echipamentelor energetice (turbine pentru centrale termo- şi hidroelectrice, generatoare, cazane, pompe etc.).

OROSZLÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

ENERGETICA

ORGAN AL MINISTERULUI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN REPUBLICA SOCIALISTĂ ROMÂNIA

ANUL 28 Nr. 12 decembrie

Cuprinsul

		Pag.
P. Cartianu, S. Bogdan şi A. Ghitta	**Centrala hidroelectrică Dobreşti-Ialomiţa şi linia electrică de 110 kV Dobreşti—Bucureşti, la jumătate de secol**	527—533
C. Haiduc	**Cercetări privind procesul de convecţie forţată în canalele de reactori nucleari energetici PHWR**	534—539
Fl. Ardeleanu şi Al. Măruţă	**Consideraţii privind implicaţiile tranzitării pe Canalul Dunăre—Marea Neagră a unui debit de apă încălzită provenită de la CNE Cernavodă**	539—544
S. Fotă şi I. C. Bilegan	**Rezultate experimentale obţinute pe un model de recuperator de căldură de tip apă-apă cu tuburi termice**	544—546
D. V. Pillat	**Relaţie pentru determinarea nivelului de eroziune de către cenuşă a ţevilor de economizor**	547—550
Gh. Bălan, V. Onu şi E. Mihalcea	**Staţia de mare putere a ICEMENERG — o importantă bază experimentală pentru verificarea fiabilităţii echipamentelor electroenergetice**	551—554
M. Stein şi D. C. Ionescu	**Asupra utilizării funcţiei de distribuţie exponenţiale în modelarea siguranţei în energetică şi aspectele de mentenanţă conjugate cu aceasta**	555—561
Gh. Cîrţină, D. Ivas şi E. Bîrlădeanu	**Asupra posibilităţilor de determinare a ponderii maxime de putere deformantă în sarcina totală a unei staţii de transformare**	561—564
Al. Emanoil, D. Goliciu E. LUCA ş.a.	**Programul de cercetare-proiectare de sisteme informatice pentru analiza şi urmărirea mersului economic al centralelor termoelectrice**	565—569
CRONICĂ	**A XI-a Conferinţă Mondială a Energiei, München, 8—12 septembrie 1980**	569—577
	Cuprinsul revistei „Energetica" vol. 28 (1980)	

Revista apare sub îndrumarea Consiliului ştiinţific al Institutului central de cercetări energetice

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.21 : 621.315.1

П. Картиану, С. Богдан и *А. Гитта:* **Гидроэлектростанция Добрешть-Яломица и электрическая линия 110 кв Добрешть-Бухарест, в половине века**

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 527—533

ДК 621.039.42 : 662.046.2

К. Хайдук: **Исследования, касающиеся процесса вынужденной конвекции на каналах атомных энергетических реакторов PHWR**

Представляется сравнение экспериментальных результатов относительно теплопередачи в пучке элементов топлива типа CANDU, установленного в тепловом витке, реализованном на ICSITEEMR с теми, которые были получены при помощи различных формул, известных из литературы и установление оптимальной корреляции.

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 534—539

ДК 621.311.25 : 621.039

Фл. Арделяну и *Ал. Мэруцэ:* **Соображения касающиеся последствий сброса, на канале Дунай-Черное Море, расхода подогретой воды, происходящей из АЭС Чернавода**

По сравнению с эффектами подогревания природной воды любого водоема, канал Дунай-Черное Море допускает некоторые особенности, связанные с вписанием канала в географическую конфигурацию области, которые приведет к некоторым изменениям местного характера, а также к выбросу некоторого количества пресной воды (из Дуная) в море, в зоне большой туристской важности. Представляются результаты исследований и изучений, предпринятых в целях определения этих последствий, учитывая ограничения, заданные действующими законами относительно защиты окружающей среды.

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 539—544

ДК 620.173 : 621—68

С. Фотэ и *И. К. Билеган:* **Экспериментальные результаты, полученные на модели рекуператора тепла типа вода-вода с тепловыми трубками**

Представляются экспериментальные результаты, полученные путем использования рекуператора тепла с тепловыми трубками, вмонтированными в контур охлаждающей воды компрессоров на кислородной фабрике в рамках ICIM г. Брашов.

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 544—546

ДК 621.774.2 : 621.9.018.3

Д. В. Пиллат: **Отношения для определения уровня эррозии из-за золы на трубках экономайзера**

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 547—550

ДК 621.311.4 : 621.3.019.3

Г. Вэлан, В. Ону и *Е. Михалча:* **Подстанция большой мощности ICEMENERG — важная экспериментальная база для проверки надежности электроэнергетического оборудования**

Подстанция большой мощности ICEMENERG, частично вошедшая в действие позволяет большой диапазон испытаний для модернизации оборудований, установления конструктивных решений, установления поведения в различных режимах работы. Представляется схема подстанции, актуальная номенклатура испытаний и перспективы развития в непосредственно последующем этапе.

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 551—554

ДК 621.3.019.3 : 621.311.2

М. Штайн и *К. Понеску:* **Относительно использования экспонентной распределительной функции в моделировании надежности в энергетике и аспекты ухода, сопряженные с этим**

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 555—561

ДК 621.311.11 : 621.3.018.14

Г. Кырцинэ, Д. Ивас и *Е. Бырлэдяну:* **Относительно возможностей определения максимального весового отношения искажающей мощности в общей нагрузке трансформаторной подстанции**

Изучается влияние параметров сети (мощность короткого замыкания, мощность трансформаторов, мощность потребителей и мощность выпрямления на коэффициент искажения напряжения, позволяя произвести вывод одного из этих параметров в случае, когда остальные даны таким образом, чтобы могли бы быть удовлетворены условия, чтобы здание, заданное нормами или другими потребителями, подсоединенные к одному и тому же пункту, не было бы превышено.

Energetica 28 (1980) № 12, стр. 561—564

ДК 621.311.22/23.001.5

Ал. Эманоил, Д. Голичиу, Е. Лука и др.: **Исследовательско-проектная программа информационной системы для анализа и наблюдения за экономическим ходом теплоэлектростанций**

Energetica 28 (1980), № 12, стр. 565—569

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.21 : 621.315.1

P. Cartianu, S. Bogdan und *A. Ghitta:* **Das Wasserkraftwerk Dobreşti-Ialomiţa und die 110 kV-Leitung Dobreşti—Bucureşti, 50 Jahre seit ihren Bau**

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 527—533

DK 621.039.42 : 662.046.2

C. Haiduc: **Forschungen über das Zwangs-Konvektionsprozess in den Kanälen der Kernenergiereaktoren vom Typ PHWR**

Es werden die Forschungsergebnisse in Fragen der Wärmeübertragung in einem Brennstoffbündel vom Typ CANDU, welcher in einer bei ICSITEEMR gebauter Wärmeschleife eingebaut ist, mit Hilfe derjenigen in verschiedenen Literaturangaben bekanntgegebenen Formeln verglichen und ihre optimale Korrelation durchgeführt.

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 534—539

DK 621.311.25 : 621.039

Fl. Ardeleanu und *Al. Măruţă*: **Betrachtungen über die Auswirkungen des Wasserabflusses von dem Kernkraftwerk Cernavodă auf dem Kanal Donau-Schwarzes Meer**

Im Vergleich zu den Auswirkungen der Erwärmung des Flusswassers im allgemeinen, tauchen im Falle des Kanals Donau-Schwarzes Meer einige Eigentümlichkeiten auf, in Verbindung mit der geographischen Gestaltung des Gebietes, da eine örtliche Umgestaltung auftauchen wird, sowie durch die Einspeisung eines grossem Süsswasservolumens (aus der Donau) in die See, in einer bedeutenden turistischen Gegend. Es werden die Ergebnisse der Forschungen und Studien gegeben, zur Ermittlung dieser Einwirkungen indem die in Kraft sich befindenden Umweltschutz-Gesetze berücksichtigt werden.

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 539—544

DK 620.173 : 621—68

S. Fotă und *I. C. Bilegan*: **Die Ergebnisse der Versuche mit einem Wärmerückgewinnungsanlagen-Modell vom Typ Wasser-Wasser mit Wärmerohren**

Es werden Versuchsergebnisse der Anwendung eine Wärmerückgewinnungsanlagen mit Wärmerohren eingebaut in dem Kühlkreislauf der Kompressoren bei der Sauerstoffanlage eines Werkes aus Braşov gegeben.

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 544—546

DK 621.774.2 : 621.9.018.3

D. V. Pillat: **Eine Beziehung zur Bestimmung der von der Asche ausgeübten Abtragung der Ekonomiser-Rohren**

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 547—550

DK 621.311.4 : 621.3.019.3

Gh. Bălan, V. Onu und *E. Mihalcea*: **Die Hochleistungsanlage des Instituts für Forschung und Modernisierung in der Energetik — ICEMENERG — eine bedeutende Einrichtung zur Prüfung der Betriebszuverlässigkeit der Elektroenergieanlagen**

Die teilweise in Betrieb genommene Hochleistungsanlage des ICEMENERG, erlaubt die Durchführung einer grossen Anzahl von Hochleistungsprüfungen für die Modernisierung der Ausrüstungen, die Bestimmung neuer Baulösungen, die Bestimmung des Betriebes unter verschiedenen Betriebszuständen. Es werden das Schema der Anlage, die Liste der gegenwärtig durchgeführten Versuche und die Entwicklungsaussichten für die nahe Zukunft gegeben.

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 551—554

DK 621.3.019.3 : 621.311.2

M. Stein und *C. Ionescu:* **Über die Anwendung der exponentiellen Verteilungsfunktion in der Modellierung der Zuverlässigkeit in der Energiewirtschaft und die hiermeit verbundenen Instandhaltungsfragen**

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 555—561

DK 621.311.11 : 621.3.018.14

Gh. Cîrțină, D. Ivas und *E. Birlădeanu:* **Über die Bestimmungsmöglichkeiten der maximalen Verformungskraftauswirkung auf die totale Leistung einer Umformungsanlage**

Es wird der Einfluss der Netzkennwerte (die Kurzschluss- und Trafokraft, die Verbraucher- und Gleichrichtungskraft) auf den Verzerrungskennwert der Spannung studiert, so dass einige Kennwerte heruasgefunden werden können wenn andere gegeben sind und dass die von Normen oder anderen an derselben Stelle verbundenen Verbrauchern aufgezwungenen Bedingungen erfüllt sind, damit der Wert dieses Kennwertes nicht überschritten wird.

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 561—564

DK 621.311.22/23.001.5

Al. Emanoil, D. Goliciu, E. Luca, u.a.: **Das Forschungs- und Projektierungsprogramm für Informationssystemen zur Analyse und Überwachung des wirtschaftlichen Betriebes der Wärmekraftwerke**

Energetica 28 (1980), H. 12, S. 565—569

SOMMAIRE

CD 621.311.21 : 621.315.1

P. Carlianu, S. Bogdan et *A. Ghilla*: **La centrale hydroélectrique Dobrești-Ialomița et la ligne électrique à 110 kV Dobrești—București, après un demi-siècle**

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 527—533

CD 621.039.42 : 662.046.2

C. Haiduc: **Recherches concernant le processus de convection forcée dans les cannaux des réacteurs nucléaires énergétiques PHWR**

On présente une comparaison entre les résultats expérimentaux concernant le transfert de la chaleur dans un faisceau d'éléments de combustible de type CANDU, installé dans une boucle thermique réalisée par ICSITEEMR, avec les résultats obtenus au moyen des formules connues de la littérature. On établit également la correlation optimale.

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 534—539

CD 621.311.25 : 621.039

Fl. Ardeleanu et *A. Măruță*: **Considérations concernant les implications du transit dans le canal du Danube—La Mer Noir d'un débit d'eau échauffée provenue de la centrale nucléaire de Cernavodă**

Par rapport aux effets du chauffage de l'eau naturelle de n'importe quel émissaire, le canal du Danube — la Mer Noire comporte quelques particularités concernant l'intégration du canal dans la configuration géographique de la région, qui mèneront à certaines modifications à caractère local, ainsi qu'au débouchement d'une quantité d'eau douce (du Danube) dans la Mer Noire, dans une région de grande importance touristique. On présente les résultats des recherches et des études menées en vue de déterminer ces implications, en tenant compte des restrictions imposées par les lois concernant la protection de l'environnement.

Energetica 28 (1980), no. 12 p. 539—544

CD 620.173 : 621—68

S. Fotă et *I. C. Bilegan*: **Résultats expérimentaux obtenus à l'aide d'un modèle de récupérateur de chaleur du type eau-eau avec des tubes thermiques**

On présente les résultats expérimentaux obtenus à la suite de l'utilisation d'un récupérateur de chaleur à tubes thermiques, installé dans le circuit de l'eau de refroidissement des compresseurs de la fabrique d'oxygène de l'ICIM Brașov.

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 544—546

CD 621.774.2 : 621.9.018.3

D. V. Pillat: **Relation pour déterminer le degré de l'errosion produite par la cendre aux tuyaux de l'économiseur**

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 547—550

CD 621.311.4 : 621.3.019.3

Gh. Bălan, V. Onu et *E. Mihalcea*: **Le poste électrique de grande puissance de l'ICEMENERG — une base expérimentale importante pour la vérification de la fiabilité des équipements électro-énergétiques**

Le poste de grande puissance de l'ICEMENERG, partiellement mis en fonction, permet une large gamme d'essais, pour des modernisations des équipements, pour établir des solutions constructives, ainsi que pour déterminer le comportement dans différents régimes de fonctionnement. On présente, également, le schéma du poste, le nomenclateur actuel des essais, ainsi que les perspectives de développement dans l'étape suivante.

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 551—554

CD 621.3.019.3 : 621.311.2

M. Stein et *C. Ionescu*: **Sur l'utilisation de la fonction de distribution exponentielle dans la simulation de la fiabilité en énergétique et les aspects de maintenance conjugués avec celle-ci**

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 555—561

CD 621.311.11 : 621.3.018.14

Gh. Cîrțină, D. Ivas et *E. Birlădeanu*: **Sur les possibilités de détermination du poids maximum de puissance déformante dans la charge totale d'un poste de transformateurs**

On étudie l'influence des paramètres du réseau (puissance de court-circuit, puissance des transformateurs, puissance des usagers et puissance de redressement) sur le coefficient de distorsion de la tension, afin de déduire quelques-uns de ces paramètres, tandisque les autres sont donnés, de sorte que la valeur imposée par les normes ou par les autres usagers raccordés dans le même point, pour ce coefficient, ne soit pas dépassée.

Energetica 28 (1980), no. 12, p. 561—564

CD 621.311.22/23.001.5

Al. Emanoil, D. Goliciu et *E. Luca* a.: **Le programme de recherchesprojets de systèmes informatiques pour l'analyse et la surveillance de l'activité économique des centrales thermiques**

Energetica 28 (1980), no 12, p. 565—569

CONTENTS

DC 621.311.21 : 621.315.1

P. Cartianu, S. Bogdan and *A. Ghitta*: **The Hydropower Plant Dobreşti-Ialomiţa and the 110 kV Dobreşti—Bucharest Electric Line — their half-century anniversary**

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 527—533

DC 621.039.42 : 662.046.2

C. Haiduc: **Researches regarding the once-through convection process in the PHWR**

The paper contains a comparison of the experimental results regarding the heat transfer in a CANDU fuel bundle installed in a thermal loop at ICSITEEMR, with the formulae published in different references and their optimal correlation.

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 534—539

DC 621.311.25 : 621.039

Fl. Ardeleanu and *A. Măruţă*: **Considerations regarding the implications of the hot water flow from the nuclear power plant Cernavodă on the Danube-Black Sea Channel**

As compared to the effects of the emissary's water heating in general, the problem in the case of the Danube-Black Sea Channel shows several peculiarities, such as the impact of the channel on the area's geography which will bring about some local changes, as well as the flow of sweet water from the Danube into the Black Sea in a highly important touristic area. The results of the studies and researches to determinate these implications with respect to the in force environmental protection regulations requirements are presented.

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 539—544

DC 620.173 : 621—68

S. Fotă and *I. C. Bilegan*: **Experimental results obtained on a water-water thermal pipes heat recuperator model**

The experimental results obtained by the use of a thermal pipes heat recuperator device installed in the cooling water circuit of an oxygen factory compressor are presented.

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 544—546

DC 621.774.2 : 621.9.018.3

D. V. Pillat: **Relation for establishing the economizer pipes ash erosion level**

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 547—550

DC 621.311.4 : 621.3.019.3

Gh. Bălan, V. Onu and *E. Mihalcea*: **The high power station of the Energy Research and Modernising Institute — ICEMENERG — an important experimental basis for checking the electric power equipments reliability**

This high power station, partially commissioned, enables the performing of a wide range of high power tests for the up-dating of equipment, for establishing constructive solutions and the behaviour during several operation states. The scheme of the station is given, the list of tests and its development in the next stage.

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 551—554

DC 621.3.019.3 : 621.311.2

M. Stein and *C. Ionescu*: **Upon the use of the exponential distribution function in modelling the energy safety and its maintenance aspects**

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 555—561

DC 621.311.11 : 621.3.018.14

Gh. Cirţină, D. Ivas and *E. Birlădeanu*: **Upon the possibility of establishing the maximum distortion power influence on the total load of a transformer sub-station**

The influence of the network parameters (shortcircuit power, transformers power, consumers and rectifying power) on the voltage distortion coefficient, enabling to find out some parameters, the others being given, so that the conditions of non-surpassing the coefficient's value imposed by norms or by other consumers connected to the same point.

Energetica 28 (1980), nr. 12, p. 561—564

DC 621.311.22/23.001.5

Al. Emanoil, D. Goliciu, E. Luca a.o.: **The information system research-design program for the analysis and survey of the economic operation of the thermal power plants**

Energetica 28 (1980), nr. 12, p.565—569

Centrala hidroelectrică Dobrești-Ialomița și linia electrică de 110 kV Dobrești—București, la jumătate de secol

ing. **Paul Cartianu**,
ing. **Silviu Bogdan**
și ing. **Anton Ghitta** *)

1. Contextul energetic

Folosirea energetică a cursurilor de apă are un trecut multisecular în țara noastră, treptat extinsă, ajungîndu-se în perioada dintre cele două războaie mondiale ca pe foarte multe dintre rîuri să fie valorificată o mică parte din potențialul lor hidroenergetic, în centrale și microcentrale hidroelectrice, precum și în instalații cu roți hidraulice.

Centralele, cu puteri pînă la maximum 5,5 MW (centrala Grebla-Reșița), precum și mai multe microcentrale erau destinate să alimenteze cu energie electrică localități (Bacău, Băile Herculane, Cluj, Rîșnov, Săcele, Sinaia, Timișoara etc.) și industrii. Începuturile și dezvoltarea mai multor industrii a fost strîns legată de folosirea energiei apelor : industria hîrtiei și celulozei (Bușteni, Letea, Petrești, Zărnești) ; industria cimentului (Brașov, Fieni) ; industria metalurgică (Călan, Cugir, Grebla-Reșița, Hunedoara, Poiana Mărului—Oțelul Roșu, Sinaia) ; industria textilă (Azuga, Brașov), industria minieră, industria lemnului etc.

Instalațiile cu roți hidraulice, în foarte mare număr, erau construite după tehnici, cu veche tradiție **), destinate să producă energie mecanică, în principal pentru a acționa mori, pive și ferăstraie, întreținînd o activitate artizanală de mare necesitate.

Din interes asupra începuturilor hidroenergeticii și pentru unele soluții specifice mai merită să fie amintite unele centrale hidroelectrice ca cele redate în tabelul 1, între care cea dintîi, din 1883/1884, existentă și astăzi, este aproape secular.

În ce privește liniile electrice, tensiunea cea mai mare folosită era de 60 kV, întrucît centralele electrice, termo și hidro, din trecut erau destinate numai alimentărilor locale și cel mult zonale.

În această situație, un pas deosebit s-a făcut în 1930, prin punerea în funcțiune în acel an, pe cursul superior al rîului Ialomița, a centralei hidroelectrice Dobrești, de 16 MW, și a liniei electrice de 110 kV Dobrești—București.

Acest ansamblu de instalații era destinat să alimenteze cu energie electrică microsistemul, cuprinzînd în principal zona orașului București, care treptat a fost dotat cu o centrală cu motoare Diesel (Filaret), o centrală termoelectrică pe păcură (Grozăvești) și o centrală pe cărbuni pulverizați (Schitu-Golești).

Beneficiar era municipiul București, prin întreprinderea sa publică Societatea generală de gaz și electricitate (pe care o vom numi prescurtat beneficiarul).

Datorită performanțelor tehnice, centrala Dobrești și linia de 110 kV și-au păstrat timp îndelungat primul loc. Deși au fost cu mult depășite de marile realizări ale regimului socialist, totuși, cu prilejul împlinirii a jumătate de secol de funcționare, mai merită să fie menționate, deoarece prezintă încă interes din mai multe puncte de vedere, după cum se va vedea în cele ce urmează.

2. Cel dintîi plan de amenajare hidroelectrică pe un rîu important pus în aplicare după primul război mondial

Centrala și linia electrică erau un început, considerat că va deschide calea mai multor realizări, care trebuiau să răspundă tendințelor, afirmate puternic după primul război mondial, de a se promova electrificarea țării, în principal prin folosirea energiei hidroelectrice.

Dintre rîurile care coboară din Carpații Meridionali, s-a ales Ialomița, datorită următoarelor considerente : caracteristici hidroenergetice foarte avantajoase ale cursului superior (putere mijlocie, realizabilă printr-o cădere mare pe distanță relativ mică, defileuri înguste permițînd baraje de volum redus, bazine naturale apte pentru acumulări) ; distanță de circa 125 km de zona orașului București, cu capacitate mare de absorbire a energiei ; fezabilitate și soluție generală de amenajare stabilite de cîteva studii anterioare, caz unic în acea epocă ; dorința ridicării pentru turism a unei regiuni a cărei frumusețe naturală atrăsese atenția amatorilor de drumeție în munți, de la începutul secolului, și dintre care unii au avut o participare decizională la acest obiectiv.

Din aceste considerente se pășea spre a se realiza, prima dată în țară, o amenajare care să satisfacă cerințele de folosire rațională a potențialului hidroenergetic.

Planul conceput cuprindea întreg sectorul de munte al Ialomiței, pe o distanță de circa

*) Autorii acestui articol au avut îndelungată activitate în energetică, în cadrul M.E.E. și în fosta Întreprindere de producere și distribuire a energiei electrice din București, în care au avut responsabilități în sectorul hidroenergetic. Capitolele 1—7, 9.1 și 11 au fost elaborate de ing. P. Cartianu, capitolele 9.2 și 10 de ing. S. Bogdan și capitolul 8 de ing. A. Ghitta.

**) Una dintre cele mai vechi, de la sfîrșitul secolului XVI, pare a fi fost o moară de pe riul Tarlungul (V. Cristea Matescu).

22,5 km, prezentînd o diferență de nivel de 746 m și urmînd să cuprindă :

— în amonte, la Bolboci, o acumulare de circa 32 mil. m^3, cu reținere la cota 1420, prin baraj de greutate ;

— trei centrale în cascadă neîntreruptă — Scropoasa, Dobrești și Moroeni — însumînd o putere de circa 40 MW ;

— folosirea apelor tuturor afluenților principali.

Execuția s-a început cu treapta mediană și trebuia să fie urmată de treptele 3 și 1, succesiune păstrată, impusă de condițiile locale.

3. Acțiuni premergătoare

Ideea folosirii apelor Ialomiței fusese inițiată de la sfîrșitul secolului trecut. La acea epocă, profesorul inginer Elie Radu, lucrînd pentru asigurarea surselor de apă potabilă necesară orașului București, a inițiat alimentarea din rîuri de munte și în acest scop a organizat, între anii 1899 și 1904, efectuarea de măsurători hidrologice pe cursul superior al Ialomiței [1].

Au urmat, atît înaintea cît și după primul război mondial, cercetări de teren și studii în vederea realizării de folosințe energetice, întreprinse de :

— Calea Ferată, care proiecta electrificarea liniei Ploiești—Predeal, conduse în 1913 și 1914 de inginerul I. S. Gheorghiu, mai tîrziu profesor și academician ;

— Industria hîrtiei, care poseda fabrica de la Bușteni ;

— Societatea Electrica, conduse de inginerul Cristea Mateescu, mai tîrziu profesor și academician, singurele publicate [2].

Comisiile pentru elaborarea programelor de electrificare a țării, constituite după primul război mondial, atrăgeau atenția prioritar spre cîteva amenajări, între care și a cursului superior al Ialomiței.

Ca urmare a acestor antecedente — se stabilise convingerea fezabilității amenajării — și sub impulsul prevederilor primei legi a energiei, din 1924, conducerea Primăriei Municipiului București, preocupată de dezvoltarea electrificării Capitalei, a solicitat și a obținut în 1925, prin hotărîre a Consiliului de Miniștri, rezervarea potențialului hidroenergetic al cursului superior al Ialomiței, cu condiția de a se proceda la amenajare într-un termen de trei ani.

A urmat o perioadă de studii, efectuate de Societatea generală de gaz și electricitate, ducînd în 1927 la definirea planului general de amenajare și a soluțiilor centralelor prevăzute, bazate pe toate datele de care se putea dispune și pe comparații cu lucrări similare din străinătate. Pe baza acestei documentații s-a obținut concesiunea amenajării, conform legii energiei.

Concomitent, Primăria Municipiului București începuse consultări cu mari întreprinderi străine, furnizoare de echipament energetic, asupra posibilităților efectuării lucrărilor. În România, deși se executaseră centrale hidroelectrice de mai mică amploare (tabelul 1), și se afirmase astfel o capacitate tehnică, lipsa unei activități cu continuitate nu făcuse posibilă organizarea nici a proiectării și nici a execuției de obiective din ce în ce mai complexe. În cazul amenajării Ialomiței mai erau și alte dificultăți : sume mari de investit, mai ales în echipament și materiale importate.

La acea epocă, după primul război mondial, în care preocupările erau îndreptate spre numeroase acțiuni foarte urgente, condițiile nu erau prielnice pentru mari investiții din fonduri proprii sau prin finanțare internă.

De aceea Primăria Municipiului București a ajuns la concluzia că lucrările trebuie realizate pe baza unei finanțări pe lungă durată, printr-o participare tehnică importantă a întreprinderilor de specialitate străine și prin încredințarea responsabilității generale întreprinderii sale, Societatea generală de gaz și electricitate, care fusese naționalizată în 1924, prin preluarea tuturor acțiunilor de la deținătorii străini.

Această nouă sarcină și necesitatea concomitentă de extindere a centralelor electrice existente, precum și de restructurare a rețelelor, în principal prin adoptarea tensiunii de 30 kV, au determinat ca societatea să-și lărgească sfera tehnică. Au urmat consecvent acțiuni care au profilat o organizare aptă pentru activități din ce în ce mai importante

4. Contractarea lucrărilor

Ca urmare a licitației ținute, a fost încredințată firmei cu reputație mondială Brown-Boveri executarea centralelor hidroelectrice Dobrești și Moroeni și a liniei Dobrești—București.

Realizarea era etapizată : mai întîi centrala Dobrești și linia și apoi centrala Moroeni.

Centrala din amonte, cu lacul de acumulare Bolboci, nu a făcut obiectul contractului, deoarece nu se făcuseră cercetări și studii de teren care să precizeze soluția.

În vederea executării obligațiilor, firma Brown-Boveri și finanțatorii străini au constituit Societatea Ialomița, supusă legilor românești (1928).

Contractul încheiat cu aceasta era complex, și anume de : finanțare, construcție-montaj și exploatare, părțile contractante avînd următoarele obligații principale :

— Societatea Ialomița : asigurarea finanțării, elaborarea proiectelor de execuție și obținerea treptată a aprobării beneficiarului înaintea începerii fiecărei lucrări ; satisfacerea prevederilor prescripțiilor tehnice românești și a condițiilor tehnice stabilite de beneficiar ;

Tabelul 1

Centrale hidroelectrice reprezentative pentru trecut

Nr. crt.	Centrala / Anul construcției	Rîul	H_{brut} / H_{net} m	Q_m m³/s	Felul și nr. turbinelor	Puterea unitară kW	Puterea totală kW	Proiectant	Lucrări monografice de referință
1	Sinaia 1883—1884	Peleș	125	0,150	2G	2×15	150	—	Leo Bachelin Castel Pelesch Firmin-Didot, Paris, 1893
2	Grozăvești (București) 1889	Dîmbovița	7,34	—	2G 2G 2G	—	—	Ing. N. Starostescu Cucu	Curs de căderi de apă — prof. ing. Dionisie Germani
3	Sadu I iun. 1895—dec. 1896	Sadu	30,0	2,70	3F	150 2×250 1×350	1000	Dr. ing. Oskar von Miller	Instalațiile electrice din Sibiu, Colecția IRE II—1929
4	Sadu II 1905—1907	Sadu	48,3	3,60	2F 1F 1F	375 400 475	1250		
5	Sinaia 1900	Prahova	20,12 17,00	5,30	4F	250	1000	Prof. ing. Elie Radu	Ing. Cristea Mateescu Soc. Electrica. Studii hidroelectrice nr. 4 Rîul Prahova, 1925
6	Tarlungul 1923	Tarlungul	31 28,60	2,75	2	—	500	Ing. Cristea Mateescu	Ing. Cristea Mateescu Soc. Electrica. Studii hidroelectrice nr. 5— Rîul Tarlungul, 1925
7	Mărul 1936	Bistra-Mărului	96,20	2,5—2,7	2F	2000 1400	3400	—	Ing. V. Catona — Uzina hidroelectrică Mărul, Buletinul APDE, sept.—oct. 1938, p. 197—198
8	Timișoara 1910	Bega	5,20 6,20	36	3F	400	1200	Ing. Emil Szilard	Ing. V. Catona — Monografia uzinei electrice Timișoara, 1934
9	Grebla (Reșița) I 1902—1904 II 1908—1909	Bîrzava	215	3,43	3P	1800	5400	Ingineri ai uzinelor Reșița și cu participarea unor experți	Ing. Dionisie Germani — Amenajările hidroelectrice de la Reșița, 1927

1) Prima centrală hidroelectrică în România.
2) Prima centrală hidroelectrică după proiectul unui inginer român.
3—4) Centrale proiectate de renumitul ing. Oskar von Miller.
5) Prima centrală de ordinul MW după proiect de inginer român.
6) Prima centrală realizată după proiectul ing. Cristea Mateescu.
7) Centrală economică cu aducțiunea din doage de lemn, cercuite cu bandă de oțel.
8) Centrală de joasă cădere pe un rîu canalizat.
9) Centrala hidroelectrică cu puterea cea mai mare pînă în 1930, avînd barajul (Văliug): în arc, lățime la bază 18,00 m, la coronament 3,00 m; înălțimea 27,00 m; volum 13 126 m³; reținere 1,2 mil. m³.

contractarea echipamentelor; executarea lucrărilor de construcții-montaj; exploatarea centralei și a liniei după punerea în funcțiune, timp de 19 ani, adică pînă în 1950.

— Beneficiarul: plata dobînzilor intercalare pe durata executării lucrărilor, stabilite global de la început; efectuarea și suportarea exproprierilor, despăgubirilor și servituților, plata energiei electrice livrate de centrală la București, și anume: 25 GWh/an obligatoriu cu preț fixat, restul facultativ și la prețuri degresive în trepte.

Clauzele erau avantajoase beneficiarului, în principal prin plata eșalonată pe circa 20 ani, pe bază de energie furnizată.

5. Performanțe tehnice

Soluțiile tehnice ale ansamblului centrală-linie își păstrează valabilitatea, ele constînd în: amplasare favorabilă a captărilor și a centralei; cădere unică pentru derivațiile din Ialomița și afluentul său Brăteiu; alegerea nivelurilor de reținere ale celor două rîuri astfel încît să fie posibilă transvazarea apelor acestuia din urmă în lacul Scropoasa; structura aducțiunilor — parte în subteran, parte în conductă metalică, după natura terenului; castelul de apă cu amortizare prin salt de apă fără deversare; vană-clapetă cu contragreutate constituind deversor automat la barajul Scro-

poasa; denisipator cu evacuare continuă tip Dufour, la Brătei; bloc turbină-generator-transformator cu întreruptoare pe 110 kV; cameră de comandă suficient utilată pentru comandă-semnalizare și protecție; traseul liniei de 110 kV ales cu evitarea zonelor implicînd servituți importante; stabilirea justă a solicitărilor mecanice, cu toată lipsa de experiență asupra acțiunilor chiciurii, vîntului etc.; dotarea cu două circuite, pe porțiunea Tîrgoviște—București; adoptarea ca material pentru conductoare a oțel-aluminiului, într-o perioadă cînd această alegere era încă mult discutată în forurile de specialitate internaționale; comunicație asigurată prin instalație telefonică folosind curenți purtători de înaltă frecvență etc.

Stabilirea soluțiilor precedente și a altora a format obiect de dezbateri între Soc. Ialomița și beneficiar, hotărîrile fiind uneori impuse de acesta din urmă.

6. Organizarea executării lucrărilor

Soc. Ialomița — responsabila executării contractului — și-a instalat o unitate operativă în Moroeni, unde s-au executat proiectele de execuție a părții de construcții și se soluționau toate problemele de coordonare. Personalul de specialitate, foarte restrîns, era străin, sub conducerea inginerului Robert Bourquin.

Lucrările de construcție a centralei au fost executate de o antrepriză constituită în acest scop, Societatea Entrojal, încadrată cu un număr foarte mic de ingineri și tehnicieni străini, cu mare experiență. Echipamentul mecanic și electric a fost furnizat de firme europene de mîna întîi, sub conducerea cărora s-a executat și montajul.

Utilajul de șantier a fost modest și de aceea forța de muncă a avut o pondere importantă la executarea lucrărilor, iar transporturile s-au efectuat în mare parte prin tracțiune animală.

Desfășurarea lucrărilor s-a bazat pe o planificare fermă, dar realistă, și pe o organizare de șantier cu experiență, ceea ce a permis desfășurarea fluentă a lucrărilor de construcții și montaj, astfel încît centrala a fost terminată după 18 luni de la începere, dată precedată de aproape 8 luni de executare a drumului de acces, de munte, în lungime de 12,4 km, ca derivație din șoseaua națională Tîrgoviște—Sinaia.

Organizarea beneficiarului a constat dintr-un colectiv permanent, compus din ing. Anastase Vuzitas pentru lucrările de construcție și ing. Alexandru Crețescu pentru montajul liniei de 110 kV, ambii permanent pe șantier, ing. P. Cartianu pentru partea mecanică și electrică, avînd totodată responsabilitatea coordonării.

În anumite probleme se făcea apel și la alți ingineri ai beneficiarului, iar conducerea o avea directorul ing. I. Ștefănescu-Radu, primul profesor de centrale electrice al Politehnicii din București.

Responsabilitățile principale ale colectivului, decurgînd din contractul încheiat cu Societatea Ialomița, erau: efectuarea operațiilor pentru exproprieri și stabilire de servituți; participarea la acțiunile organelor de stat, care aveau sarcina autorizării și supravegherii generale a lucrărilor în cadrul proiectului aprobat; elaborarea caietelor de sarcini; examinarea și aprobarea treptată a proiectelor de execuție; controlul de calitate a lucrărilor; recepția finală.

7. Diferendul cu finanțatorii străini

După punerea în funcțiune a Centralei Dobrești și a liniei Dobrești—București a intervenit o gravă divergență între beneficiar și Soc. Ialomița, respectiv grupul străin finanțator, care își avea originea în următoarele trei cauze: depășirea valorii investițiilor luate în considerare inițial, devalorizarea dolarului cu circa 40% și scăderea beneficiilor așteptate. Ca urmare, Soc. Ialomița, invocînd interpretări unilaterale ale contractului, a ridicat mai multe pretenții, reprezentînd sume de bani, în valută străină, foarte mari. Aceste pretenții fiind respinse de beneficiar, ca necontractuale și oneroase, s-a ajuns la un diferend, în care punctul de vedere al Soc. Ialomița era susținut de marele grup financiar belgiano-francez „Hydrofina" și de puternice bănci. În aceste condiții, diferendul a depășit nivelul relațiilor dintre două întreprinderi, devenind o divergență economică interstatală, pentru a cărei rezolvare grupul străin făcea uz nu numai de amenințarea unui proces la instanțe internaționale, ci și de presiuni diplomatice și politice.

În așteptarea împrejurărilor favorabile spre a obține o cedare din partea beneficiarului, grupul finanțator a adoptat tactica provocării la tratative ultimative, care, încheiate fără succes, erau reluate la scurt timp pe altă bază. Spre apărare, Societatea generală de gaz și electricitate trebuia să fie permanent în stare de pregătire și alertă. Dosare complexe ale divergenței, cu aspecte tehnice, energetice, economice, monetare și juridice, au fost întocmite și susținute cu competență și devotament pentru cauză de directorul general ing. N. G. Caranfil, secondat de ing. P. Cartianu. Ele au servit atît pentru deplina lămurire a organelor de stat, între care și ministrul de externe N. Titulescu, cît și pentru contracararea adversarului în numeroasele runde de tratative. Dintre ele, cea mai insistentă a fost runda din anul 1933 la Paris, cînd delegația română, primar Dem. Dobrescu, N. G. Caranfil și P. Cartianu, a avut în față experți și reprezentanți ai celor mai importante bănci ale Franței.

Cu toată stăruința depusă, grupul finanțator nu a reușit timp de șapte ani să obțină nici o recunoaștere parțială sau totală a pretențiilor, care, cumulate în timp, ajunseseră la sume foarte mari, și nici admiterea unor soluții de compromis, ca, de exemplu, aceea a preluării prin închiriere a centralelor electrice ale beneficiarului, cu scopul pretins al realizării, împreună cu centralele exploatate de Societatea Electrica, a unui sistem energetic unitar, mai puternic și mai avantajos economic.

Nereușita acțiunilor întreprinse și amenințarea începerii celui de-al doilea război mondial au determinat grupul finanțator să solicite guvernului român lichidarea contractului, ceea ce s-a admis în 1938 (prim-ministru Armand Călinescu). Ca urmare, Centrala Dobrești și linia de 110 kV au intrat, la 1 septembrie 1938, în deplină proprietate a Societății generale de gaz și electricitate, care a dat acestor instalații o utilizare optimă, în ansamblul surselor de energie electrică de care dispunea.

În felul acesta se încheia experiența ce se făcuse de a se atrage capital străin la lucrări importante de electrificare. Dacă, din punct de vedere tehnic, participarea a fost corectă

Tabelul 2

Centrale hidroelectrice în aceeaşi gamă de caracteristici
(ing. Silviu Bogdan)

Nr. crt.	Centrala Construcţia Începere Punere în funcţiune	Riul	H_{brut} H_{net} (la P_i) m/m	Q_m Q_i m³/s	Număr de unităţi buc.	Puterea unitară la bornele generatorului MW	Putere totală Producţia anuală medie MW/GWh/an	Cote: Captare Restituţie mdM mdM	Volumul acumulării Total util mil. m³ mil. m³	Monografii publicate
1	Dobreşti 1929–1930	Ialomiţa şi afluent Brătei	285–304	3,125[6] 7,00	4P	4,00	16,00 60	1197,50 I 1206,35 B 888,0	0,556 0,552	Prof. ing. I. Ştefănescu-Radu şi ing. P. Cartianu: „Amenajarea căderilor de apă din bazinul superior al rîului Ialomiţa. Căderea Dobreşti". În: Colecţia IRE-VI 1935
2	Crăinicel	Bîrzava	77 71	1,77 4,2	2F	1,45	2,8 21	602 525	11,5 10,2	D. Pavel şi Fl. Constantinescu: „Amenajări hidrotehnice pe Bîrzava superioară". „Hidrotehnica", nr. 5, 1961
	1947–1952	Semenic	475 435	0,68 1,0	2P[3]	2,9[3]	5,8 1,0	1000 525	0,014 0,014	
		Gozna	345 320	0,10 0,5			Total 8,6 31	870 525	0,004 0,004	
3	Moroeni 1949–1953	Ialomiţa şi afluenţii Raciu şi Răteiu	233,2 213,6	4,1 8,5	2P	8,0	15,3 54	890,2 656,0	0,04 0,04	C. Mateescu şi M. Sipiceanu: „Uzina hidroelectrică Moroieni". „Energetica" nr. 12, 1960
4	Sadu V 1950–1955 (1958–1961)[1]	Sadu (Olt)	400 375 (340)[2]	2,15 5,0 (8,25)[2]	2P (+1F)	8,1 (+12)[4]	15,4 (25,0)[5] 56	1154 752	6,4 5,8	D. Pavel şi R. Prişcu: „Uzina hidroelectrică Sadu V". „Energetica" nr. 12, 1960

1) Barajul Negovanul.
2) H_{net} şi Q_i corespunzător instalării unui grup suplimentar în CHE Sadu V şi a variaţiei de nivel în acumulare.
3) Grupuri P pentru două căderi pe acelaşi ax.
4) Grupul F rămas disponibil şi instalat în 1963 în CHE Sadu V.
5) P_{max} disponibil, inclusiv grupul F, cu restricţii în exploatare.
6) Debitul mediu multianual 3,67 m³/s.
Obs. Unele date au fost completate în urma unor lucrări de extindere la Sadu V şi Crăinicel-Semenic.

şi avantajoasă, sub raport financiar a constituit un pericol ca aplicarea contractului să devină foarte oneroasă pentru beneficiar.

8. Exploatarea

Punerea în funcţiune a fost satisfăcătoare şi perioada de rodaj scurtă.

Fenomenul negativ cel mai important constatat după umplerea lacului a fost apariţia în aval de baraj a unui izvor.

Pentru localizarea infiltraţiei şi a traseului s-au făcut variate cercetări, cu coloranţi, măsurarea rezistivităţii electrice a apei şi variaţia debitelor în raport cu înălţimea în lacul de acumulare, fără rezultate suficient de edificatoare.

Spre a evita mărirea pierderii de apă, s-au aplicat, pe unele porţiuni ale lacului de acumulare, în contact direct cu roca calcaroasă, tencuieli cu mortar de ciment.

Deşi debitul izvorului nu a crescut, se confirmă pericolul potenţial în cazul unei reţineri de apă înaltă, cum era cea proiectată în amonte, la Bolboci.

După recepţie şi terminarea rodajului a început funcţionarea normală.

Şef al exploatării a fost numit în 1930, de către Soc. Ialomiţa, dr. ing. Dorin Pavel, de la Societatea Electrica, căruia i-au urmat în 1934 ing. N. Negrescu şi apoi ing. T. Bungărdeanu.

Intrînd în 1938 în proprietatea deplină a Societăţii generale de gaz şi electricitate, şef al exploatării a fost numit ing. Anton Ghitta, care a rămas în această funcţiune pînă în 1948.

În această perioadă s-au executat lucrări anexe, care se dovediseră necesare, şi noi locuinţe pentru personal.

Exploatarea centralei a fost raţional integrată în microsistemul societăţii, folosind integral potenţialul hidroenergetic, producţia dublîndu-se practic faţă de cea anterioară.

Prin caracteristicile sale, centrala, dispunînd de un lac de acumulare cu compensare

cvasisăptămînală și echipată cu 4 agregate a 4 MW, era în măsură să contribuie satisfăcător la modularea curbei de sarcină, participînd îndeosebi la vîrful zilnic de seară, foarte accentuat, iar în perioadele apelor mari participa și la bază. Totuși pentru o folosire integrală a debitelor disponibile era necesară acumularea importantă prevăzută la Bolboci.

9. Acțiuni pentru integrala amenajare a cursului superior al Ialomiței

Barajul Bolboci

În vederea realizării primei trepte a schemei de amenajare a Ialomiței superioare, Societatea generală de gaz și electricitate a desfășurat un program vast și diversificat de cercetări și studii spre a stabili posibilitățile și soluția construirii barajului de la Bolboci, din Cheile Mari.

Amplasamentul — foarte favorabil prin valoarea mare a indicelui volumul acumulării/volumul barajului, dar foarte dezavantajos din cauza prezenței, la amplasament și în cuvetă, a calcarului tithonic, fisurat și cavernos — impunea cercetări asupra condițiilor de obținere a unei rețineri etanșe.

Puneri în gardă asupra pericolului permeabilității le manifesta pîrîul Dorului, ale cărui ape se pierdeau pe unele porțiuni, dar mai ales afluentul Ialomiței, Scropoasa, ale cărui debite, disproporționat de mari față de bazinul aferent și cu variații mici sezoniere, îl indicau a fi de tip vaucluzian, adică dispunînd de o rețea subterană, alimentată de la suprafață.

În condițiile arătate, se impunea soluția unui baraj continuat cu două ecrane de impermeabilizare, care trebuiau să străbată straturile posibil permeabile pînă la roca de bază, aflată în unele porțiuni la 300 m adîncime.

În vederea clarificării geologiei, determinantă la stabilirea soluției, societatea a făcut apel la tînărul geolog G. Murgeanu, mai tîrziu profesor și academician, care a rămas de atunci un valoros participant la realizarea de amenajări hidroenergetice. De asemenea și-a adus contribuția geologul D. Preda.

Față de particularitățile geologice ale zonei și experiența limitată, chiar în Europa, în asemenea cazuri, s-a făcut apel la stabilirea programelor de cercetări și la avizarea studiilor la experți renumiți elvețieni, ca geologul Maurice Lugeon și inginerul H. E. Grunner.

Din partea societății, responsabilitatea programului de studii și cercetări a avut-o inginerul N. Caranfil, directorul general, iar activitatea operativă a fost desfășurată sub conducerea ing. P. Cartianu și ing. de mine M. Sprîncenatu, pentru lucrările de foraje.

Studiile și cercetările, încheiate în 1939, au condus la concluzia unui cost foarte ridicat al etanșării, ceea ce a determinat amînarea proiectului și totodată inițierea ideii începerii de studii pe cursul superior al rîului Argeș [6].

Cercetările în regiunea Bolboci fiind preluate de ISPE, s-a ajuns la soluționarea amenajării primei trepte printr-o acumulare de 18 mil.m³ și o centrală de 12 MW.

Centrala hidroelectrică Moroeni

Eliberată de obligațiile decurgînd din contractul avut cu soc. Ialomița, Societatea generală de gaz și electricitate a decis să păsească pe calea realizării centralei din aval, Moroeni, prin mijloace proprii. Încă din 1932 și 1934, geologii consultați: St. Cantuniar, G. Murgeanu și D. Preda indicaseră mai favorabil traseul aducțiunii pe versantul drept în loc de versantul stîng, cum prevăzuse anteproiectul inițial, elaborat înainte de 1930. Studiile hidrologice și de teren, axate pe această soluție, au început în 1941, sub conducerea ing. S. Bogdan și au permis să se conceapă o schemă de amenajare, cu folosire integrală a potențialului hidroenergetic, cuprinzînd în principal: un bazin pentru regularizare zilnic-orară, imediat în aval de Centrala Dobrești, captarea afluenților Răteiu și Raciu, aducțiune sub presiune.

Constituindu-se ISPE, pe baza proiectelor de execuție elaborate în acest institut, au început lucrările efective de amenajare în martie 1949, iar centrala a fost pusă în funcțiune în 1953.

Parametrii principali de proiectare sînt: debitul mediu 4,00 m³/s; debitul instalat 8,5 m³/s; puterea instalată 15,3 MW în două agregate cu turbine Pelton; producția medie 59 GWh/an.

Centrala Moroeni este prima amenajare hidroenergetică cu putere de peste 10 MW realizată exclusiv prin participare de specialiști români, responsabilitatea proiectării avînd-o în principal: prof. dr. ing. Cristea Mateescu, ing. Silviu Bogdan și ing. Alex. Diacon.

10. Acțiuni în vederea amenajării cursului superior al rîului Argeș

În perspectiva dezvoltării consumului de energie electrică în regiunea orașului București și față de dificultățile de a dispune în Valea Ialomiței de o acumulare importantă, atenția a fost îndreptată asupra Argeșului superior, efectuîndu-se studii și cercetări din primele luni ale anului 1942.

Anterior, pe acest rîu nu se efectuaseră nici un fel de studii de teren, nu existau mire hidrometrice și nici stații pluviometrice, iar pentru zona amonte de intrarea în munte nu existau decît hărți la scara 1 : 100.000, fără cote și cu numeroase erori. Numai pentru geologia regiunii existau informații generale rezultate din studiile Institutului geologic,

indicînd prezența rocilor cristaline și sedimentare.

Cercetarea la fața locului arăta configurații favorabile unei amenajări cu un baraj înalt, care să realizeze o acumulare necesară energetic, dar și pentru atenuarea viiturilor Argeșului, foarte distrugătoare.

Cercetările și studiile întreprinse începînd din 1942, sub conducerea ing. Silviu Bogdan, au fost foarte cuprinzătoare : instalarea de stații hidrometrice și pluviometrice, efectuare de măsurători limnimetrice, calcularea debitelor, stabilirea regimului rîului și determinarea debitelor caracteristice, crearea unei rețele de triangulație, efectuarea unei ridicări detaliate la scara 1 : 2000, o ridicare aerofotogrammetrică, studii geologice efectuate de dr. G. Murgeanu și dr. St. Ghica-Budești.

Începînd din anul 1947, la conducerea lucrărilor a participat profesor dr. ing. Cristea Mateescu, care, între anii 1942 și 1944, elaborase, la cererea ministrului lucrărilor publice, un studiu de amenajare a cursului superior al Argeșului.

Concluziile studiilor au fost adoptate și dezvoltate ulterior de ISPE, conducînd la proiectele importantei centrale cu o putere de 220 MW și o acumulare de 465 mil. m^3.

11. Concluzii

Realizarea în 1930 a centralei hidroelectrice Dobrești și a liniei de 110 kV a avut consecințe semnificative, și anume :

— S-a confirmat oportunitatea energetică și economică de a se amenaja prioritar sectoarele de rîuri cu potențial mijlociu, dar cu bună eficiență economică, concepție compatibilă cu ritmul creșterii necesităților de energie și al mijloacelor economico-financiare, proiectele de mari centrale urmînd să fie rezervate viitorului.

— Organizarea competentă a procesului de realizare a permis punerea în funcțiune în termen record, iar preocuparea pentru calitate, imprimată și de asistența beneficiarului, a condus la rezultate foarte bune.

— Experiența apelului făcut la mijloace financiare străine a arătat precauțiile care trebuie luate în asemenea cazuri.

— Cercetările de teren și studiile întreprinse pe întreg sectorul superior al rîului Ialomița, și îndeosebi pentru zona Bolboci, au lărgit considerabil experiența.

— Prin performanțele lor, lucrările la care ne-am referit în acest text au constituit timp îndelungat, în trecut, obiective de referință pentru energeticieni și pentru învățămîntul tehnic de specialitate.

— Varietatea problemelor puse de amenajarea sectorului superior al Ialomiței a permis formarea de geologi, proiectanți și constructori de specialitate, ceea ce a contribuit ca activitatea intensă de realizări hidroenergetice după 1945 să se desfășoare exclusiv cu personal tehnic românesc, mai întîi pentru obiective aproximativ în gama de construcții tehnice similare centralei Dobrești (tabelul 2) și apoi pentru obiective de mari proporții, unele depășind niveluri europene.

Reușita energetică pe care a reprezentat-o centrala Dobrești și linia de 110 kV a îndemnat la afirmarea paternității unor idei, concepte, proiecte etc. Mențiunile din acest text, completate cu cele din lucrările publicate în trecut, precizează cu rigurozitate toate contribuțiile principale.

În esență, rolul decizional l-a avut Primăria Municipiului București, prin primarul dr. I. Costinescu, iar cel coordonator-operativ Societatea generală de gaz și electricitate, singura întreprindere care între cele două războaie mondiale a avut realizări hidroenergetice deosebite.

Privind în perspectivă și conștientă de importanța rolului ce-l avea, întreprinderea și-a format o concepție a responsabilității, însușită de întreg personalul. Pentru exercitarea funcțiunilor ei, s-a organizat corespunzător și a activat dinamic. Treptat realizările ei au îndreptățit preocuparea de a deveni, din regională, o întreprindere publică națională.

Bibliografie

[1] Elie Radu. *Alimentarea cu apă a Capitalei*, 1902.

[2] Mateescu, Cr. *Amenajarea rațională a Ialomiței superioare.* În : Colecția IRE nr. 9, 1927.

[3] * * * *Ialomița, Société Anonyme roumaine pour force et lumière électrique.* Iulie 1930.

[4] Ștefănescu-Radu, I. *Căderile de apă de pe rîul Ialomița și alimentarea orașului București cu energie electrică.* În : Bul. AGIR, nr. 12, 1930.

[5] Mateescu, Cr. *Căderile Ialomiței.* În : Bul. AGIR, nr. 2, 1931.

[6] Ștefănescu-Radu, I. *Căderile de apă de pe rîul Ialomița și alimentarea orașului București cu energie electrică. Un răspuns.* În : Bul. AGIR, nr. 4, 1931.

[7] Ștefănescu-Radu, I. și Cartianu, P. *Amenajarea căderilor de apă din bazinul superior al rîului Ialomița. Căderea Dobrești.* În : Bul. Societății Politehnice, anul XLV, mai 1931.

[8] Pavel, D. *Plan général d'aménagement des forces hydrauliques en Roumanie.* În : Colecția IRE nr. 58, 1933.

[9] Ștefănescu-Radu, I. și Cartianu, P. *Amenajarea căderilor de apă din bazinul superior al rîului Ialomița. Căderea Dobrești.* În : Colecția IRE VI, 1935.

[10] Caranfil, N. și Cartianu, P. *Baraje în calcare. Rezervorul Bolboci.* În : Colecția IRE nr. 219, 1940.

[11] Ghitta, A. *Exploatarea și întreținerea Uzinei hidroelectrice Dobrești.* În : Bul. APDE, aprilie-iunie 1942, p. 97—103.

[12] Pavel, D. *Arhitectura apelor.* Editura Eminescu, 1976.

[13] Mateescu, Cr. *Evoluția construcțiilor hidrotehnice în România.* Discurs rostit la 26 mai în ședința solemnă a Academiei R.S.R., Editura Acad. R.S.R., 1977.

Cercetări privind procesul de convecție forțată în canalele de reactori nucleari energetici PHWR

Dr. ing. C. Haiduc *)

Transferul de căldură la convecția forțată a fost studiat în literatura de specialitate de o serie de autori. Cu toate acestea, forma ecuațiilor criteriale date atît pentru curgerea în țevi, cît și pentru curgerea între fascicole de bare recomandate pentru canale de reactori nucleari sînt dintre cele mai diferite. Trebuie menționat, de asemenea, faptul că domeniul de parametri, presiune și temperatură, pentru care sînt valabile aceste ecuații este, de asemenea, foarte diferit.

Avînd în vedere faptul că pentru apa grea utilizată în reactorii PHWR nu există publicate ecuații criteriale pentru determinarea transferului de căldură în reactori nucleari, studierea atentă a proprietăților termofizice ale D_2O și ale H_2O a arătat că, cu o precizie suficientă, aceste ecuații criteriale obținute pentru apă pot fi utilizate și pentru convecția forțată la curgerea apei grele în canale.

Ținînd seama de cele arătate, în tabelul 1 se prezintă principalele ecuații criteriale obținute de diferiți autori privind transferul de căldură prin convecție forțată în canale.

În tabelul 1 au fost folosite următoarele notații :

Nu_f, Re_f, Pr_f — criteriile Nusselt, Reynolds și Prandtl determinate pentru temperatura medie a fluidului ;

μ_w, μ_f — viscozitatea dinamică a apei determinată pentru temperatura peretelui și pentru temperatura fluidului [Ns/m²] ;

S_1, S_2 — pasurile dintre centrele elementelor de combustibil [m] ;

d — diametrul elementelor de combustibil [m] ;

x — distanța de la intrare în fascicolul de elemente de combustibil pentru care se determină Nu_f [m].

Ținînd seama de diversitatea ecuațiilor criteriale date în literatura de specialitate și de necunoașterea rezultatelor care se obțin pentru Nu_f cu ecuațiile diferiților autori, acestea au fost programate pe un calculator IBM—370, considerînd apa grea ca agent termic. Pentru determinarea diametrului echivalent care intră în criteriile Nu, Re a fost folosită următoarea relație :

$$d_e = \frac{D^2 - n\,d^2}{(D + n\,d)} \qquad (1)$$

unde D este diametrul interior al tubului de presiune [m] ;

d — diametrul barelor de combustibil nuclear cu înveliș [m] ;

n — numărul de bare de combustibil nuclear în fascicol.

Programul a fost întocmit pentru următoarele condiții :

— S-au luat în considerație datele pentru fascicolele de elemente de combustibil ale reactorilor PHWR canadieni Bruce, considerînd că viteza apei grele în fascicol variază în limitele $w = 2 \div 20$ m/s.

— Pasurile dintre elementele de combustibil nuclear $S_1 = 0{,}01418$ m ; $S_2 = 0{,}01418$.

— Numărul de bare de combustibil nuclear în fascicol $n = 37$.

— Diametrul interior al tubului de presiune $D = 0{,}1034$ m. Diametrul barelor de combustibil nuclear cu înveliș $d = 0{,}01308$ m.

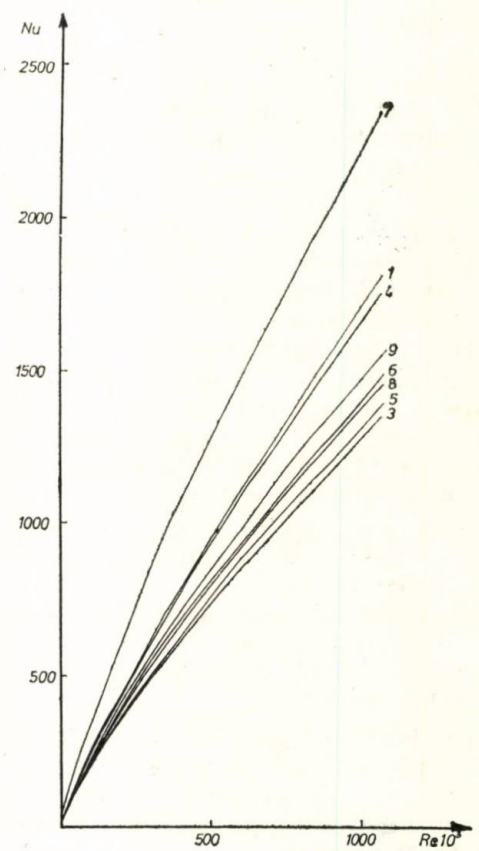


Fig. 1. Dependența dintre criteriile Nu și Re pentru fascicolul de bare de combustibil al reactorului Bruce pentru $p =$ $= 50{,}66$ bar, $p = 101{,}32$ bar, $p = 151{,}98$ bar, $p = 202{,}65$ bar.

* Dr. ing. Constantin Haiduc este cercetător științific principal II la ICSITEEMR.

— Lungimea elementului de combustibil pentru care se determină Nu, $x = 0{,}495$ m.

— Temperaturile medii ale peretelui elementelor de combustibil, $t_w = 272{,}9°C$, iar temperatura medie a apei grele în canale $t_f = 260°C$.

— Presiunea apei grele a fost variată în limitele $p = 50{,}66 \div 202{,}65$ bar.

Rezultatele calculelor efectuate sînt prezentate sub formă grafică $Nu = f(Re)$ pentru $p =$ = const. în figura 1.

În figura 1, notaţiile de pe curbe corespund cu nr. curent din tabelul 1. Curbele *1*, *5*, *7*, *8* sînt obţinute cu ecuaţii criteriale recomandate pentru fascicole de bare, iar curbele *3*, *4*, *6* sînt obţinute cu ecuaţii criteriale recomandate pentru ţevi.

Tabelul 1

Nr. crt.	Ecuaţia criterială	Agentul termic	Domeniul de valabilitate	Re	Autorul
1	$Nu_f = 0{,}015\ \varphi\ Re_f^{0,85}\ Pr_f^{0,4} \left(\frac{\mu_w}{\mu_f}\right)^{-0,11}$ $\varphi = \left[\frac{4}{\pi}\frac{S_1 S_2}{d^2} - 1\right]^{0,1}$	apă	fascicole din 7 şi 19 bare cu $\frac{S}{d} = 1{,}1 \div 1{,}5$	$Re \geqslant 10^4$	V.M. Borişanski
2	$Nu_f = 1{,}1\ \varphi\ Nu_{Tp}$ $\varphi = \left[\frac{4}{\pi}\frac{S_1 S_2}{d^2} - 1\right]^{0,1}$ $Nu_{Tp} = \frac{\xi\ Re_f\ Pr_f}{4{,}5\sqrt{\xi}\,(Pr_f^{2/3} - 1) + 1{,}07}$ $\xi = \frac{0{,}3164}{Re^{0,25}} \left(\frac{Pr_w}{Pr_f}\right)^{1/3}$	apă	fascicole de bare $\frac{S}{d} = 1{,}1 \div 2{,}45$	$Re \geqslant 10^4$	V.M. Borişanski
3	$Nu_f = 0{,}021\ Re_f^{0,8}\ Pr_f^{0,43} \left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0,25}$	apă	ţevi	$Re \geqslant 10^4$	M.A. Miheev
4	$Nu_f = 0{,}0274\ C_x\ Re_f^{0,8}\ Pr_f^{0,36} \left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0,11}$ $C_x = 1 + (2{,}76 - 0{,}44 \lg Re_f) \cdot \left[\left(\frac{d}{x}\right)^{0,6} \left(\frac{1}{16}\right)^{0,6}\right]$	apă	ţevi	$2 \cdot 10^4 \leqslant Re_f \leqslant 1{,}3 \cdot 10^6$	I.I. Novikov
5	$Nu_f = 0{,}021\ Re_f^{0,8}\ Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0,25} \left(\frac{S_1 S_2}{d^2}\right)^{0,18}$	apă	fascicole de bare	$5{,}10^3 \leqslant Re \leqslant 50 \cdot 10^3$	M.A. Miheev
6	$Nu_f = 0{,}023\ Re_f^{0,8}\ Pr_f^{0,4}$	apă	ţevi	$Re \geqslant 10^4$	Dittus-Boelter
7	$Nu_f = 0{,}036\ Re^{0,8}\ Pr_f^{0,33}$	apă	fascicole de bare	$Re = (90 \div 700)\ 10^3$	Miller, Byrnes, Benforado
8	$Nu_f = 0{,}022\ Re_f^{0,8}$	apă	fascicole de bare	$Re = (30 \div 400)\ 10^3$	Dingee, Chastain
9	$Nu_f = 0{,}024\ Re_f^{0,8}\ Pr_f^{0,33}$	apă	fascicole de bare	$Re = 400 \div 50\,000$	Subotin

După cum rezultă din aceste grafice, rezultatele obținute cu diferitele ecuații criteriale sînt foarte diferite. Atît ecuațiile care sînt recomandate pentru fascicole de bare, cît și cele care sînt recomandate pentru țevi circulare dau rezultate foarte diferite și nu se poate vorbi de o concordanță între ele.

O bună concordanță între ele o dau ecuațiile (5) și (3) ale lui M. A. Miheev la care rezultatele obținute pentru fascicole de bare de combustibil sînt ceva mai ridicate decît pentru țevi circulare cu același diametru echivalent.

Ecuația (3) (M. A. Miheev) dă valorile cele mai scăzute pentru Nu dintre toate ecuațiile criteriale, iar ecuația (7) (Miller-Byrnes) dă pentru fascicole de bare valorile cele mai ridicate pentru Nu.

Ecuațiile (8) (Dingee—Chastain pentru fascicole de bare) și (6) (Dittus—Boelter pentru țevi) dau rezultate pentru Nu apropiate.

Stabilirea ecuației criteriale celei mai adecvate pentru calculul transferului de căldură prin convecție forțată în fascicole de elemente de combustibil nuclear pentru reactorii PHWR se poate face numai pe baza efectuării de experimentări pe modele de elemente de combustibil nuclear, respectîndu-se condițiile de similitudine corespuuzătoare.

Cercetările experimentale asupra transferului de căldură au fost efectuate pe o buclă termică experimentală, instalată la ICSITEEMR pentru modelarea proceselor termice din reactori nucleari (fig. 2), pe care s-a montat un model de canal tehnologic tip PHWR, care a reprodus cu fidelitate fascicolul de elemente de combustibil tip CANDU.

Agentul termic — apa total demineralizată — este vehiculat cu ajutorul pompei de circulație *4*. După trecerea prin elementul de măsură *5*, apa intră în tamburul separator *6*, condensatorul *7* și răcitorul *8*.

Deoarece agentul termic este monofazic, condensatorul *7* se utilizează tot ca răcitor. După răcitorul *8*, apa este preluată din nou de pompa de circulație.

Ca elemente auxiliare ale instalației se pot menționa :

— sistemul de menținere constantă a presiunii în circuitul principal al buclei termice, format din vasul-tampon *9* și butelia de azot *10*. Sistemul permite menținerea constantă a presiunii în circuit, compensarea pierderilor de apă, precum și amortizarea eventualelor șocuri de presiune ;

— rezervorul superior *2* și inferior *1*, de apă demineralizată.

Partea electrică a buclei termice cuprinde :

— sistemul electric de încălzire a elementului de măsură, alimentarea făcîndu-se de la rețeaua de curent alternativ printr-un transformator coborîtor *17*, de 300 kVA, 380/20 V ;

— circuitul de alimentare cu energie electrică a pompei *4*.

Ambele circuite sînt prevăzute cu relee de protecție și aparataj de măsură corespunzător.

Secțiunea de testare a modelului de fascicol de bare constă din 19 țevi de oțel inoxidabil cu diametrul exterior de 8 mm și grosimea

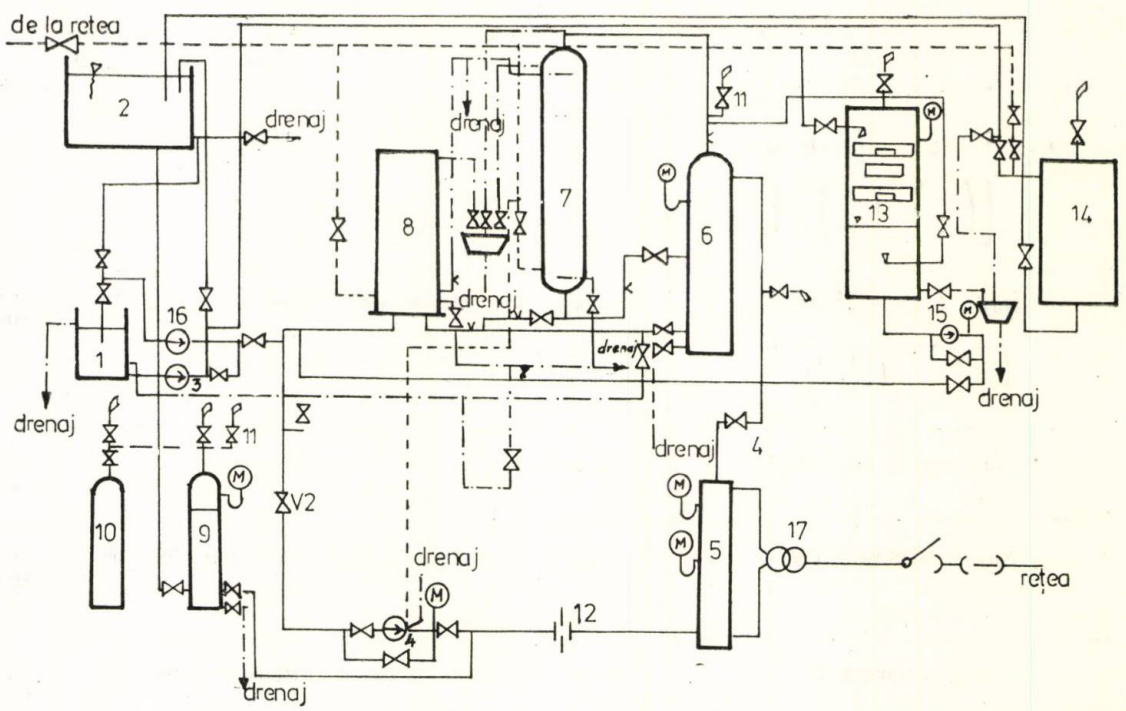


Fig. 2. Schema buclei termice experimentale de modelare a proceselor termice din fascicole de elemente de combustibil nuclear.

1 — rezervor inferior de apă distilată ; *2* — rezervor superior de apă distilată ; *3* — pompă de transvazare ; *4* — pompă de circulație ; *5* — element de măsură ; *6* — tambur separator ; *7* — condensator ; *8* — răcitor de condensat ; *9* — vas de menținere a presiunii ; *10* — tub de azot ; *11* — supape de siguranță ; *12* — diafragmă de măsură a debitului de apă ; *13* — degazor ; *14* — filtru ; *15* — pompă ; *16* — pompă dozatoare ; *17* — transformator 380/20 V.

peretelui de 1 mm, cu lungimea de 700 mm. Dintre acestea, numai ţevile (7 buc.) din zona centrală, aşezate în reţea triunghiulară cu pasul de 9 mm, au fost alimentate cu energie electrică de la transformatorul *17*, celelalte 12 ţevi fiind izolate electric şi avînd rolul de a elimina influenţa peretelui exterior al canalului asupra curgerii în fascicol. Agentul termic — apa demineralizată — curge printre ţevile din fascicol.

Cele 19 ţevi din oţel inoxidabil au fost fixate la partea superioară şi inferioară în cîte o grilă de cupru similară ca formă cu cele de la elementele de combustibil ale reactorilor PHWR canadieni. Fixarea s-a făcut cu ajutorul unor bare de alamă cu diametrul de 8 mm, prin intermediul cărora s-a făcut şi alimentarea cu energie electrică a celor 7 bare centrale.

Barele de alamă de la partea inferioară au fost fixate, prin intermediul unei grile-suport, de o placă de bază racordată la un pol al înfăşurării secundare a transformatorului *17*.

Cele 12 bare periferice, nealimentate cu energie electrică, au fost izolate electric cu garnituri de teflon de grilele de fixare. Aceste garnituri de teflon cu diametrul de 9 mm au jucat şi rol de distanţare faţă de peretele interior al canalului.

Fascicolul de bare a fost introdus într-un canal circular cu diametrul interior de 46 mm. Distanţa de la peretele canalului la barele periferice ale fascicolului a fost de 0,75 mm.

Ansamblul astfel format a fost instalat în bucla termică, constituind elementul de măsură *5*.

În vederea determinării coeficientului de cedare a căldurii α, de la suprafaţa ţevilor centrale, care au constituit suprafaţa de transfer al căldurii, la apa care spală fascicolul, s-au instalat termocuple Ni—Cr—Ni pe suprafaţa interioară a ţevilor şi care au fost conectate la înregistratoarele potenţiometrice automate FEA, clasă de precizie 0,5.

În cursul experimentărilor au mai fost măsurate :

— temperatura apei la intrare şi ieşire din elementul de măsură cu termocuple Fe-Co, racordate la înregistrator FEA ;

— presiunea statică în elementul de măsură şi în diverse puncte ale instalaţiei, cu traductoare de presiune statică şi înregistratoare FEA, precum şi cu manometre cu tub Bourdon ;

— debitul de agent termic prin elementul de măsură, cu diafragmă şi manometru diferenţial în U ;

— căderea de tensiune pe bare şi pe secundarul transformatorului *17* cu voltmetru digital ORION, clasa de precizie 0,5 ;

— intensitatea curentului pe secundarul transformatorului *17*, cu reductor de intensitate IKIE 20000/5 A şi ampermetru clasă de precizie 1.

Realizarea diverselor regimuri de funcţionare s-a făcut prin variaţia debitului şi a temperaturii agentului termic.

Măsurîndu-se puterea electrică disipată pe bare, s-a putut determina fluxul termic la suprafaţa acestora.

De asemenea, măsurîndu-se temperatura pe suprafaţa barelor şi temperatura apei la intrarea şi ieşirea din elementul de măsură, s-a putut determina diferenţa de temperatură între suprafaţa de transfer al căldurii şi agentul termic.

Cunoscînd aceste date, au fost obţinute valorile coeficientului de cedare a căldurii, α_{exp}. Valorile astfel obţinute au fost comparate cu cele obţinute cu ecuaţiile lui M. A. Miheev, pentru curgerea apei sub presiune prin ţevi circulare drepte, α_c, şi prin fascicol de bare.

Rezultatele obţinute pe cale experimentală au fost comparate cu cele obţinute cu ecuaţia criterială a lui M. A. Miheev (vezi tabelul 1) pentru fascicole de bare. Aceste rezultate sînt prezentate în figurile 3, 4 şi 5.

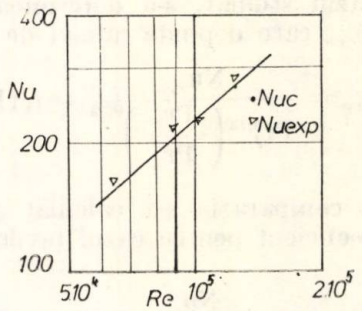


Fig. 3. Variaţia criteriilor Nu_c şi Nu_{exp} în funcţie de Re, pentru temperaturi medii ale fluidului de răcire $t_f = 156{,}5°C$ şi Pr = 1,129.

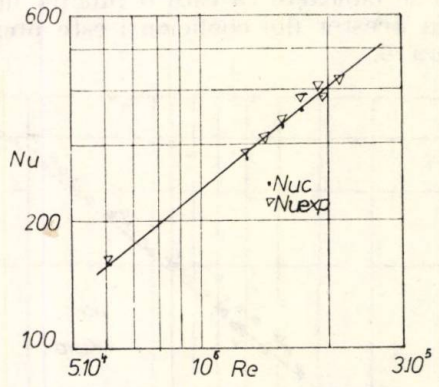


Fig. 4. Variaţia criteriilor Nu_c şi Nu_{exp} în funcţie de Re, pentru temperaturi medii ale fluidului de răcire $t_f = 146°C$ şi Pr = 1,206.

În figurile 3, 4 şi 5 s-a notat cu Nu_c criteriul Nusselt calculat cu ecuaţia criterială a lui M. A. Miheev pentru fascicole de bare,

iar cu Nu_{exp}, criteriul Nusselt obţinut pe cale experimentală.

Din compararea rezultatelor prezentate în figurile 3, 4 şi 5 se observă o bună concordanţă a rezultatelor experimentale cu rezul-

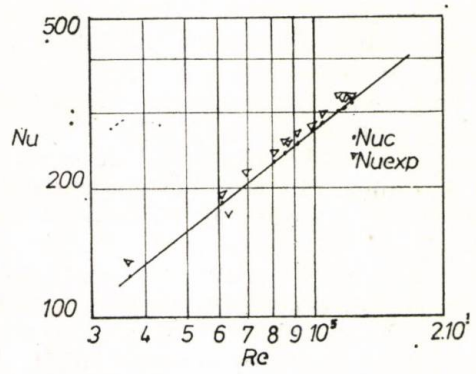


Fig. 5. Variaţia criteriilor Nu_c şi Nu_{exp} în funcţie de Re, pentru temperaturi medii ale fluidului de răcire $t_f = 101{,}5°C$ şi $Pr = 1{,}72$.

tatele obţinute cu ecuaţia criterială a lui M. A. Miheev pentru fascicole de bare.

În vederea determinării influenţei criteriului Re asupra procesului de transfer al căldurii pentru cazul studiat, s-a determinat un coeficient K_{exp} care depinde numai de Re.

$$K_{exp} = \frac{Nu_{exp}}{Pr_f^{0,43}\left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0,25}} = f_1(Re) \qquad (2)$$

Pentru comparaţie s-a calculat şi valoarea acestui coeficient pentru cazul ţevilor circulare drepte.

$$K_c = \frac{Nu_c}{Pr_f^{0,43}\left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0,25}} = f_2(Re), \qquad (3)$$

la care se cunoaşte că este o funcţie de $Re^{0,8}$. Variaţia acestor doi coeficienţi este prezentată în figura 6.

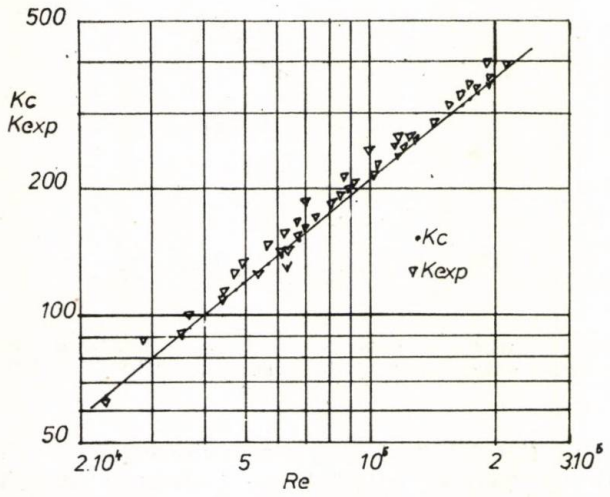


Fig. 6. Variaţia coeficienţilor K_{exp} şi K_c în funcţie de Re.

Din analiza datelor prezentate în figura 6 se observă că în general valorile K_{exp} obţinute pe cale experimentală sînt mai mari decît valorile lui K_c obţinute prin calcul pentru curgerea în ţevi circulare drepte.

Cu ajutorul calculatorului electronic, prin regresie exponenţială s-au determinat ecuaţiile funcţiilor $K_{exp} = f_1(Re)$ şi $K_c = f_2(Re)$

$$K_{exp} = 0{,}0219\ Re^{0,8002} \qquad (4)$$

$$K_c = 0{,}021\ Re^{0,8}$$

Se observă că în cazul rezultatelor cercetărilor experimentale, K_{exp} variază practic tot cu $Re^{0,8}$, dar coeficientul este mai mare.

Raportul dintre cei doi coeficienţi are valoarea :

$$a = \frac{0{,}0219}{0{,}021} = 1{,}04285 \qquad (5)$$

Dacă se analizează variaţia raportului $\frac{K_{exp}}{K_c}$ în funcţie de Re, se observă că acest raport nu depinde de Re, iar $\frac{K_{exp}}{K_c} = 1{,}04897$. Diferenţa faţă de valoarea lui a se datoreşte exponentului criteriului Re din (4), care este 0,8002, şi nu 0,8.

Din analiza celor prezentate rezultă că, pentru cazul studiat, apare o mărire a coeficientului de cedare a căldurii faţă de cazul curgerii apei prin ţevi circulare drepte. Aceasta se poate explica prin faptul că agentul termic curge longitudinal printr-un fascicol de bare, schimbul de masă dintre canale contribuind la îmbunătăţirea transferului de căldură.

Fenomenul este semnalat în literatura de specialitate [2], [7], [11], pentru cazul în care $\frac{S}{d} \geqslant 1{,}1$, condiţie îndeplinită şi de modelul experimental utilizat în prezenta cercetare.

Se observă de asemenea că valoarea raportului $\frac{K_{exp}}{K_c}$ este foarte apropiată de valoarea corecţiei $\left(\frac{S_1 S_2}{d^2}\right)^{0,18}$ introdusă de M.A. Miheev în ecuaţia criterială de determinare a coeficientului de cedare a căldurii, pentru cazul curgerii longitudinale a agentului termic printr-un fascicol de bare. (Valoarea corecţiei pentru cazul fascicolului studiat este de 1,043.)

Rezultă deci că, pentru cazul studiat, $Pr_f \geqslant 1$, $25\,000 < Re < 250\,000$, $\frac{S}{d} = 1{,}125$, se obţine o bună corelare a rezultatelor experimentale cu ajutorul ecuaţiei lui M. A. Miheev :

$$Nu_f = 0{,}021\ Re_f^{0,8}\ Pr_f^{0,43}\left(\frac{Pr_f}{Pr_w}\right)^{0,25}\left(\frac{S_1 S_2}{d^2}\right)^{0,18} \qquad (6)$$

Precizia rezultatelor experimentale ale autorului față de ecuația lui M. A. Miheev este de 4%.

Concluzii

1. Analiza rezultatelor obținute de autor pe un calculator electronic privind transferul de căldură în fascicole de elemente de combustibil nuclear pentru reactori PHWR a permis să se tragă concluzia că ecuațiile criteriale ale diferiților autori dau rezultate diferite.

Stabilirea ecuației criteriale celei mai adecvate pentru astfel de fascicole de bare s-a putut face cel mai potrivit prin efectuarea de cercetări experimentale pe modele.

2. A fost realizată bucla termică experimentală de modelare a proceselor termice și hidrodinamice din modele de fascicole de elemente de combustibil nuclear.

3. Autorul a efectuat cercetări experimentale privind transferul de căldură la curgerea apei în model de fascicole de bare de combustibil nuclear pentru următoarele condiții : presiunea apei $p = 25{,}33$ bar ; lungimea fascicolului $l = 700$ mm ; nr. de bare în fascicol $n = 19$; diametrul barelor 8 mm ; pasul dintre centrele țevilor 9 mm ; $\mathrm{Pr} \geqslant 1$; $\frac{S}{d} = 1{,}125$; $25\,000 < \mathrm{Re} < 250\,000$.

4. Pe baza prelucrării rezultatelor experimentale s-a putut trage concluzia că pentru determinarea transferului de căldură prin convecție forțată în fascicole de bare de combustibil pentru reactorii PHWR cea mai adecvată ecuație criterială este ecuația lui M. A. Miheev pentru fascicole de bare.

5. Pe baza cercetărilor efectuate se poate trage concluzia că coeficienții de cedare a căldurii în cazul curgerii apei în fascicole de bare sînt mai ridicați decît în cazul curgerii apei în țevi circulare drepte.

Bibliografie

[1] Miheev, M. A. *Bazele transferului de căldură.* Gosenergoizdat, 1949.

[2] Eckert, E.R.G. *Analysis of Heat and Mass Transfer.* McGraw-Hill Book Company, New York, 1972.

[3] Soighin, M. F. ș.a. *Sudovie iadernie reaktori.* Sudostroenie — Leningrad 1967.

[4] Novikov, I. I. și Voskresenski, K.D. *Prikladnaia termodinamika i teploperedacea.* Gosatomizdat, 1961.

[5] Borișanski, V.M. ș.a. *O vlianii otnositelnovo șaga na teploobmen pri prodolnom omâvanii pucikov sterjnei turbulentnim potokom teplonositelea* ($Pr = 1$). În : Injenerno fiziceskii jurnal, XIX, nr. 4, oct. 1970.

[6] Kamaev, A.A. *Atomnie energheticeskie ustanovki.*

[7] Miheev, M. A. *Fundamentals of Heat Transfer.* Mir Publishers, Moscova, 1968.

[8] William, A. *Sutherland — Experimental Heat Transfer in Rod Bundles.* The Winter Anual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers. New York, December 3, 1968.

[9] Haiduc, C., Bercovici, D., Munteanu, C., Adameșteanu, J. și Grossman, Vl. *Cercetări pe modele asupra proceselor termice și hidrodinamice din reactori nucleari energetici și generatoare de abur în regim staționar. Procesul de convecție forțată în condiții de canale de reactor PHWR.* Studiu ICPET, București, 1975.

[10] Hsu, Lhao Ti. *Engineering Heat Transfer.* Van Nastrand Co., 1962.

[11] * * * *Heat Transfer in Rod Bundles.* Winter Anual Meeting of the ASME, New York, 1968.

(Articol intrat în redacție la 22 mai 1980)

Considerații privind implicațiile tranzitării pe canalul Dunăre — Marea Neagră a unui debit de apă încălzită provenită de la CNE Cernavodă*)

dr. ing. **Florica Ardeleanu** și dr. ing. **Al. Măruță** **)

În anii trecuți au fost studiate posibilitățile de menținere a șenalului Canalului Dunăre-Marea Neagră, navigabil în condiții de iarnă, prin folosirea apei calde a unor centrale termo sau nuclearoelectrice amplasate de-a lungul său. S-a stabilit cu acea ocazie [1], [2] că aceasta se poate realiza în două variante, ori cu o centrală nuclearoelectrică amplasată la Cernavodă, ori cu o termocentrală amplasată la Cernavodă și una la Medgidia. S-a recomandat prima soluție, puterea centralei variind în funcție de gradul de asigurare ales privind navigabilitatea pe canal în perioadele de ger.

S-a analizat totodată și posibilitatea tranzitării pe canal a unui debit de apă caldă în timpul verii, în condiții în care să fie evitată încălzirea excesivă a apei, ținînd seama atît de organizațiile social-economice care folosesc apa din canal, cît și de implicațiile ecologice posibile.

Ulterior s-a concretizat amplasarea la Cernavodă a unei centrale nuclearoelectrice cu 4 grupuri a 660 MW, preluîndu-se analiza pentru situația concretă creată.

*) Comunicare prezentată la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice : „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești", ICEMENERG, București, 26—28 iunie 1980.

**) Dr. ing. Florica Ardeleanu este șeful Laboratorului de cercetări hidrotehnice din ICEMENERG ; dr. ing. Al. Măruță este conferențiar — Institutul de construcții București.

1. Condiții restrictive impuse de norme

Problema principală care se pune în legătură cu funcționarea unei CNE alimentată cu apă din Canalul Dunăre-Marea Neagră derivă din limitele admisibile de încălzire a apei acestuia, în perioadele calde.

Răspunsul trebuie dat următoarei întrebări : ce cantitate de căldură (pentru ce putere instalată) poate fi evacuată în canal în timpul perioadelor calde ?

Conform figurii 1, schema circuitului de răcire al CNE Cernavodă este de tipul circuit deschis, apa caldă putînd fi evacuată fie în Dunăre, fie în canal, din considerente de ordin economic (economii de investiții).

cu mențiunea că „în cazul apelor de suprafață utilizate pentru alimentarea cu apă potabilă, temperatura maximă a apei în secțiunea captării nu trebuie să depășească temperatura naturală normală pentru sezonul respectiv".

2. Relații și scheme de calcul. Rezultate obținute

Relația de calcul a puterii ce poate fi asigurată prin deversarea apei calde în canal este de forma :

$$N_{CV} = \frac{Q_{CV} \cdot \Delta TR_{CV}}{R_{CV}}, \qquad (1)$$

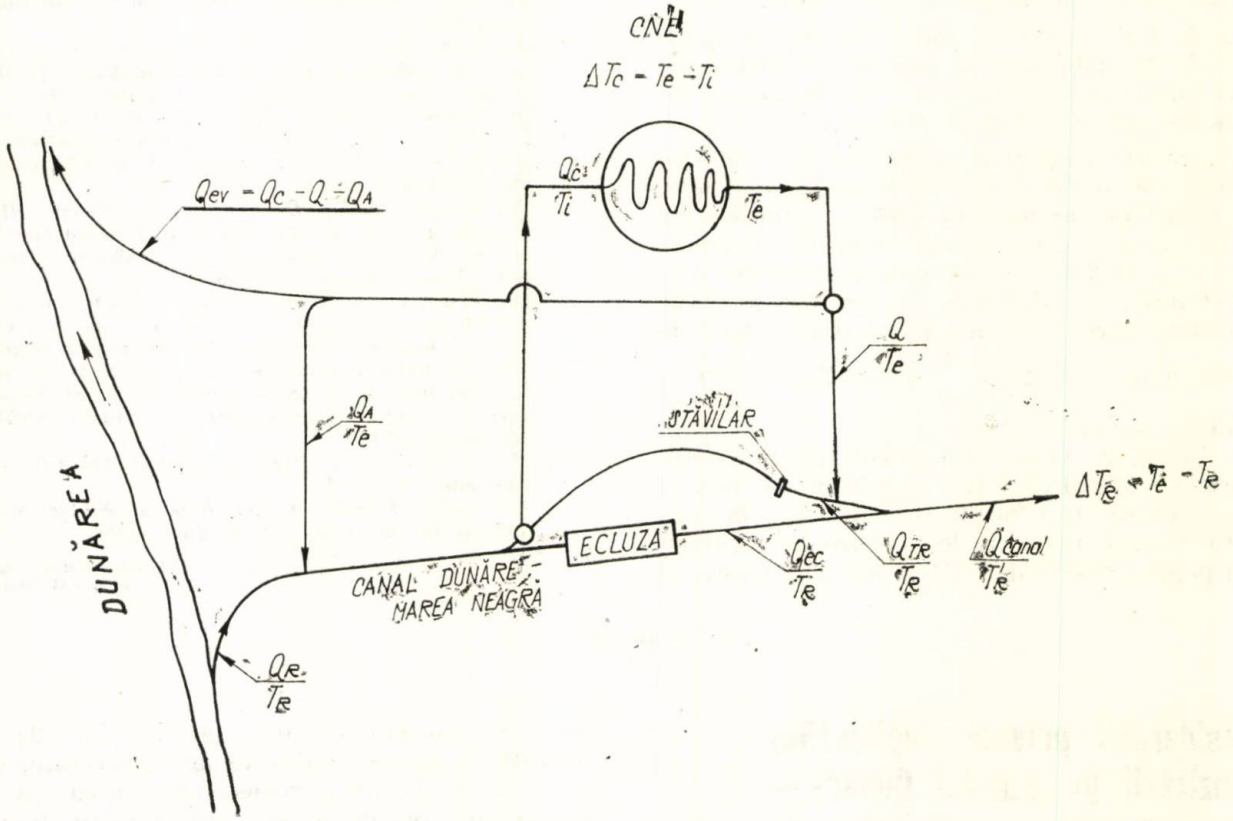


Fig. 1.

Condițiile admisibile ale temperaturii apei în canal, la nivelul anului 1975, date de CNA au fost :

$$TR_{max} = 32°C; \quad \Delta TR_{max} = 8°C$$

La nivelul anului 1979, aceste condiții sînt modificate printr-un act normativ întocmit de CNA în 1977, cu caracter experimental pentru o perioadă de trei ani și cuprinde următoarele limite :

Pentru ape curgătoare nesalmonicole

$$TR_{max} = 32°C; \quad \Delta TR_{max} = 3°C$$

în care

$$\Delta TR_{CV} = 32°C - TR_{CV} \text{ pentru } TR_{CV} > 24°C$$

$$\Delta TR_{CV} = 8°C \text{ pentru } TR_{CV} \leqslant 24°C$$

ținînd seama de indicațiile CNA la nivelul anilor 1975, și :

$$\Delta TR_{CV} = 32°C - TR_{CV} \text{ pentru } TR_{CV} > 24°C^{*)}$$

$$\Delta TR_{CV} = 3°C \text{ pentru } TR_{CV} \leqslant 24°C$$

ținînd seama de normativul experimental intrat în vigoare în anul 1977.

*) Această ipoteză este valabilă numai în cazul în care pe canal nu sînt folosințe de apă potabilă.

Se obţine în final o relaţie de forma :

$$N_{CV} = f(\text{zile/an}) \qquad (2)$$

Relaţia de tipul (2) a fost pusă sub forma unei diagrame ca în figura 3, conform unei scheme de calcul menţionată în figura 2.

Din diagramă rezultă că în cazul unor restricţii de temperaturi, conform normelor pro-

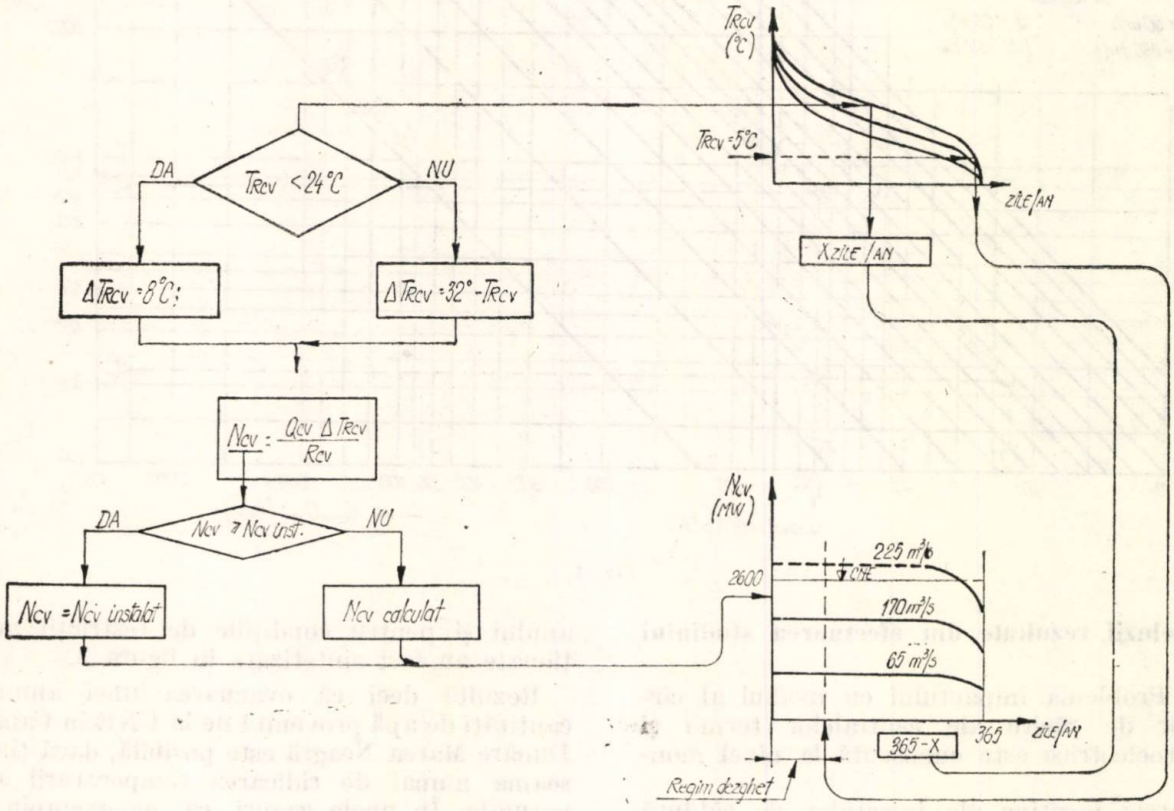


Fig. 2.

vizorii CNA la nivelul anului 1975 ($\Delta TR_{max} = 8°C$), la valori ale debitelor în canal de 65,80 şi 90 m³/s, poate fi evacuată în canal apa de răcire corespunzătoare unui grup de 660 MW (45 m³/s).

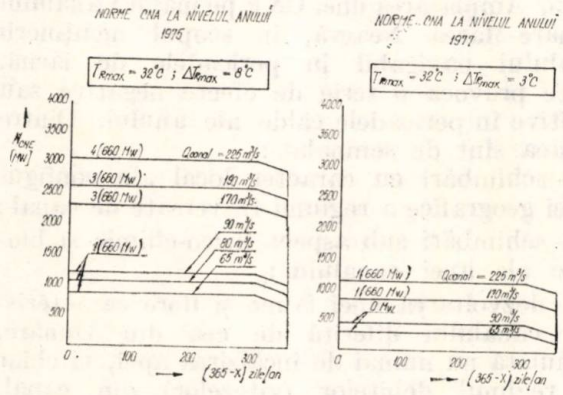


Fig. 3. Puterea la care poate funcţiona CNE Cernavodă fără pericol de poluare termică, pentru anul călduros extrem şi condiţii prevăzute de normele experimentale CNA.

Pentru perioadele din an în care debitele pe canal ating valori de 170—190 m³/s se pot evacua în canal debitele de răcire provenite de la trei grupuri de 660 MW, respectiv 135 m³/s.

În cazul debitului tranzitat pe canal de 225 m³/s, corespunzător debitului maxim pentru irigaţii, centrala nucleară poate evacua în canal debitul de apă de răcire corespunzător a 4 × 660 MW, respectiv 180 m³/s.

În cazul în care sînt aplicate pentru restricţii normele experimentale corespunzătoare anului 1977 ($\Delta TR_{max} = 3°C$), CNE poate funcţiona numai cu un singur grup de 660 MW (45 m³/s) pentru debitele maxime tranzitate pe canal de 170—225 m³/s.

Această constatare rezultată din calcul va trebui să fie reluată odată cu punerea în funcţiune a primului grup al CNE şi efectuarea primelor măsurători „in situ".

Pentru calculul operativ al cantităţilor de apă caldă ce se pot deversa în canal, în funcţie de necesarul de debit al acestuia şi creşterea de temperatură admisibilă, se prezintă în figura 4 o nomogramă corespunzătoare, pe care se indică şi modul de utilizare a ei.

S-au mai studiat probleme ale difuziei termice, ale căror rezultate principale au fost tratate în [2].

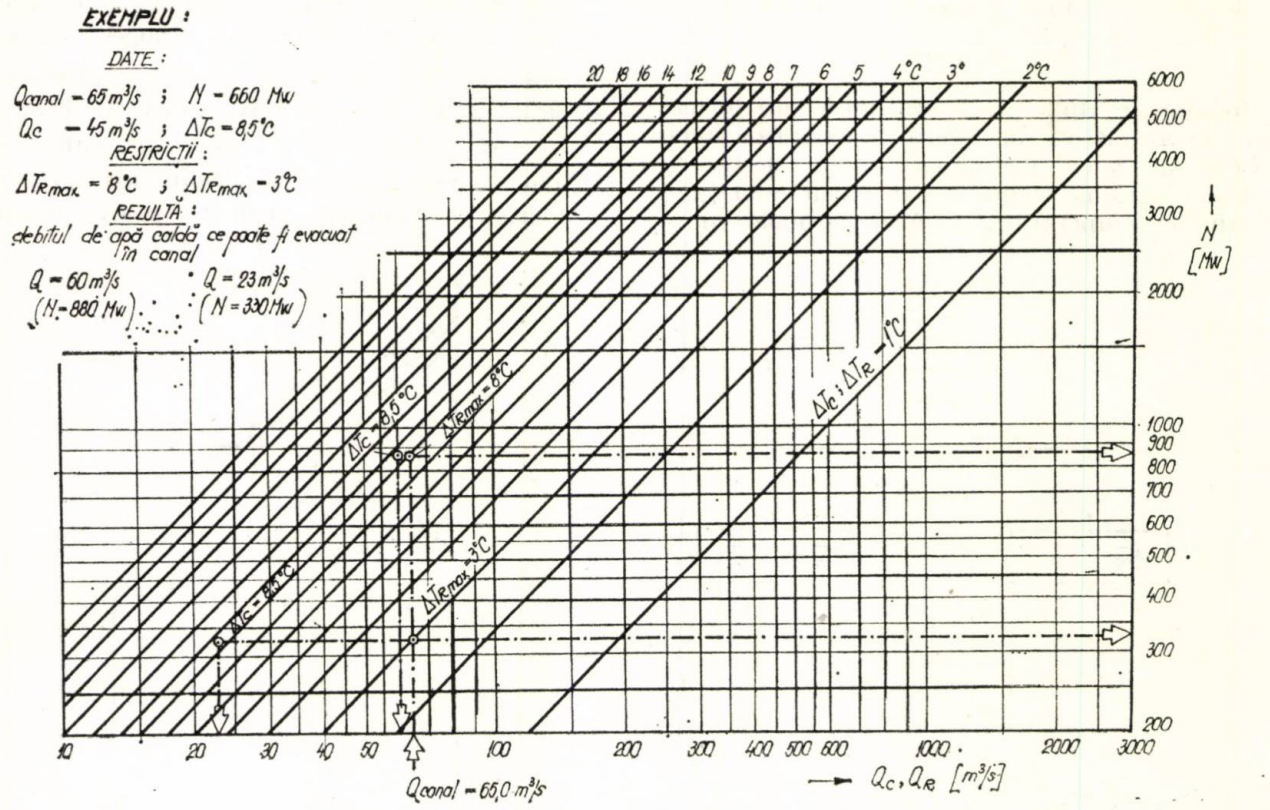


Fig. 4.

3. Concluzii rezultate din efectuarea studiului

3.1. Problema impactului cu mediul al circuitelor de răcire ale centralelor termo și nuclearoelectrice este cunoscută la nivel mondial.

Efectele pozitive ale injecțiilor de căldură reziduală provenită de la centralele termo și nuclearoelectrice, în emisari, în perioadele de iarnă, capătă aspecte contrare în perioadele calde ale anului.

3.2. Consecințele posibile ale încălzirii apei pot fi :

— *sub aspect fizico-chimic* — modificarea proprietăților fizico-chimice ale apei (densitate, viscozitate, conținut de oxigen etc.);

— *sub aspect biologic* — accelerarea reacțiilor biochimice, modificarea proprietăților fiziologice etc.;

— *sub aspect social-economic* — repercusiuni asupra activităților umane (irigații, alimentări cu apă, jenarea navigației fluviale etc.).

Pe plan mondial s-au introdus reglementări, diferind de la țară la țară, în scopul prevenirii efectelor negative ale încălzirii emisarilor.

3.3. În România există în prezent norme provizorii, amintite mai sus, elaborate de CNA, cu caracter experimental pe o perioadă de trei ani.

Rezultatele calculelor efectuate pentru condițiile de funcționare a canalului în timpul anului și pentru condițiile de restricții menționate au fost sintetizate în figura 3.

Rezultă deci că evacuarea unei anumite cantități de apă provenită de la CNE în Canalul Dunăre-Marea Neagră este posibilă, dacă ținem seama numai de ridicarea temperaturii apei naturale. În unele cazuri, ca, de exemplu, în legătură cu păstrarea șenalului navigabil în timpul iernii, ea este chiar pozitivă.

3.4. În scopul efectuării unui calcul operativ al cantităților de apă caldă ce pot fi deversate în canal, în funcție de debitul tranzitat și de condițiile de restricții, s-a întocmit o nomogramă de calcul (fig. 4).

3.5. Amplasarea unei CNE pe malul Canalului Dunăre-Marea Neagră, în scopul menținerii șenalului navigabil în perioadele de iarnă, poate provoca o serie de efecte negative sau pozitive în perioadele calde ale anului. Dintre acestea sînt de semnalat :

— schimbări cu caracter local ale configurației geografice a regiunii traversate de canal;

— schimbări sub aspect fizico-chimic și biologic ale apei canalului;

— dezvoltarea unei faune și flore caracteristice canalului diferită de cea din Dunăre, stimulată nu numai de încălzirea apei, ci chiar de regimul debitelor (vitezelor) din canal, asociat cu efectele microclimatului și cu efectele suplimentare ce intervin ca urmare a activităților ce se vor desfășura în lungul cana-

lului (în special efectele deşeurilor reziduale din activitatea rurală şi cea a industriilor, amplasate pe malul canalului).

Alte observaţii privind deversarea apelor calde în canal derivă în principal din efectele acestor ape asupra mediului (în exteriorul canalului), fie că se referă la folosinţele care vor utiliza această apă (irigaţii, alimentări cu apă etc.), fie la zona Mării Negre.

3.6. Este de semnalat că deşi debitul de apă dulce adus în mare este relativ mic, şi se presupune că nu ar putea provoca efecte ecologice majore, totuşi existenţa unei ape cu un conţinut în particule fine şi coloidale în suspensie ar putea pune în pericol calitatea apei mării în zonele turistice riverane, a căror dezvoltare a cerut eforturi de investiţii susţinute.

Este de studiat în ce măsură curenţii litorali vor reuşi să efectueze în bune condiţii dispersia apei aduse din canal şi prevenirea poluării cu coloizi.

În acest context trebuie avută în vedere şi împiedicarea intrării în mare a unor deşeuri industriale (inclusiv a celor de natură petrolieră).

3.7. Se apreciază că nu s-au luat în considerare toţi factorii cu acţiune nocivă asupra mediului. Este de semnalat în special problema *contaminării radioactive*, avînd în vedere zona intens poluată şi amenajată pe care o străbate canalul, ţinînd seama, pe lîngă accidentele previzibile ale CNE Cernavodă, şi de pericolul de poluare a Dunării în amonte (sesizat de AIEA, în legătură cu programele nucleare ale ţărilor riverane).

Faţă de acestea ar trebui analizate, de către factorii de specialitate, următoarele aspecte :

a) Ponderea cu care intervine CNE Cernavodă în creşterea radioactivităţii şi gradul de diluţie necesar pentru ca influenţa să nu fie importantă, în raport cu aportul (posibil) al apelor Dunării.

b) Efectele radioactivităţii curente în ce priveşte folosinţele de apă (alimentări cu apă, irigaţii etc.). Aici sînt de analizat şi aspecte legate de :

— influenţele asupra apelor freatice (în special în activităţile de irigaţii);

— posibilitatea concentrării substanţelor radioactive de către plante (şi animale), care vor interveni în alimentaţia omului.

c) Efectele corespondente în mare, în zona aval de debuşarea apelor canalului (Agigea). Deci trebuie avut în vedere curentul elicoidal general în Marea Neagră, ceea ce duce la concluzia că apele provenite din canal se vor regăsi în lungul zonelor turistice Eforie—Mangalia.

3.8. Situaţiile imprevizibile, atît în ceea ce priveşte încălzirea, cît, mai ales, problema contaminării radioactive (inclusiv pericolul de accidentare), duc la necesitatea să se examineze şi posibilitatea evitării temporare a oricărei debuşări de apă caldă în canal, respectiv a dirijării acestei ape spre Dunăre, în aval, atunci cînd acest lucru este necesar.

În funcţie de rezultatele calculelor economice de investiţii şi exploatare ale CNE, instalaţiile de evacuare în Dunăre a apei calde ar putea fi realizate şi pentru un debit parţial. Acest debit (parţial) trebuie să corespundă limitei economic posibile de încărcare energetică a CNE, în condiţii de restricţii apărute ca oportune privind deversarea apei calde în canal.

Dar, ţinînd seama de prejudiciile posibile de altă natură (efectele creşterii radioactivităţii şi posibilităţile de avarii), se recomandă ca uvrajele de evacuare în Dunăre să fie dimensionate pentru debitul total evacuat.

Este indicat ca aceste construcţii să fie executate etapizat (mai întîi pentru debitul necesar unui grup care intră în funcţiune), pentru ca, între timp, să existe şi posibilitatea unui cîştig de experienţă în exploatarea centralei, a canalului etc. şi totodată să se poată efectua şi măsurători „in situ" asupra efectelor posibile.

3.9. În problema fenomenelor de difuzie termică ce vor apărea pe canal, se semnalează :

a) În aval de punctul de introducere a apei calde în canal, curenţii calzi vor avea o evoluţie dependentă de o serie de factori, cum ar fi : modul de realizare a construcţiilor de evacuare, diferenţe de temperatură între apa caldă şi apa din canal, vitezele de tranzit, acţiunea activităţilor navale.

b) În funcţie de aceste condiţii, curenţii calzi pot avea o evoluţie proprie, pe lungă distanţă, situîndu-se fie la suprafaţa apei, fie pe adîncime, în lungul malului pe care s-a efectuat debuşarea apei calde.

c) Aşa cum rezultă din calcul, realizarea unei evoluţii separate a apei calde poate duce la o accelerare (deşi nu substanţială) a procesului de răcire. Această evoluţie (separată) se poate realiza prin asigurarea unui front larg (cu viteze mici) de descărcare a apelor calde.

d) O evoluţie separată pe lungă distanţă, chiar dacă se scontează pe aceasta, nu poate fi păstrată, tocmai datorită circulaţiei navale (destul de intense în raport cu secţiunea transversală a canalului). O oarecare întîrziere a realizării difuziei ar fi oportună numai în legătură cu dezvoltarea (ihtio) faunei în canal, în zona de debuşare, în sensul că aceasta să-şi poată găsi rapid zona de acomodare în funcţie de puseurile de temperatură cauzate de variaţiile bruşte de sarcină din sistemul energetic.

Bibliografie

[1] Ardeleanu, Fl., Măruţă, Al. şi Dumitru, C. *Combaterea îngheţului şenalelor navigabile cu ajutorul apei calde reziduale provenită de la centralele termo şi atomoelectrice.* Cea de-a IV-a Conferinţă de mecanică, Bucureşti, 1975.

[2] Măruță, Al., Ardeleanu,, Fl. și Stere, C. *The problem of thermal convection in rivers downstream the thermal power plant warm water disposal constructions.* XVI Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche. Torino, 25—27 sept. 1978.

[3] Ardeleanu, Fl. și Măruță, Al. *Methods of ensuring the navigability of rivers and channels during winter by using the secondary energy sources.* A 9-a Conferință internațională de energetică industrială, București, 4—9 sept. 1978.

Rezultate experimentale obținute pe un model de recuperator de căldură de tip apă-apă cu tuburi termice

ing. **Stan Fotă**
și ing. **I.C. Bilegan***)

Programul-directivă de cercetare și dezvoltare în domeniul energiei pe perioada 1981—1990 și orientările principale pînă în anul 2000 prevede, în domeniul noilor tehnologii energetice, acordarea unei atenții deosebite recuperării energiei din resurse secundare utilizînd procese fizice de mare eficiență în transferul de căldură.

În cadrul acestor preocupări, avînd la bază rezultatele obținute de ICEMENERG în domeniul realizării tuburilor termice din aluminiu extrudat, s-a încheiat o colaborare cu ICIM-Brașov pentru construirea și experimentarea unui model de recuperator de căldură folosind astfel de tuburi termice, în scopul recuperării căldurii din resurse energetice secundare de joacă temperatură (apă de răcire, apă caldă reziduală de la diverse consumuri industriale sau casnice etc.).

1. Construcție. Caracteristici

Recuperatorul de căldură cu tuburi termice din aluminiu extrudat este proiectat pentru a transfera o putere termică nominală de 15 kW (circa 300 W/tub), în condițiile medii de funcționare ale instalației de răcire a apei calde provenite de la compresoarele fabricii de oxigen din Baza de producție a ICIM-Brașov, unde a și fost amplasat standul de măsurători.

Modelul experimental este reprezentat în figura 1, fiind destinat a funcționa în poziție verticală, situație în care performanțele tuburilor termice sînt maxime [1].

Vaporizatorul *1* funcționează în regim de curgere liberă a apei calde reziduale, iar condensatorul *2* funcționează sub presiunea rețelei de distribuție a apei reci, acesta îndeplinind astfel rolul de preîncălzitor pentru apa caldă de consum, urmînd ca încălzirea finală la temperatura consumului să se realizeze într-un schimbător de căldură prevăzut în acest scop.

Etanșarea trecerii tuburilor termice prin placa tubulară a condensatorului s-a realizat cu ajutorul unor garnituri speciale din cauciuc

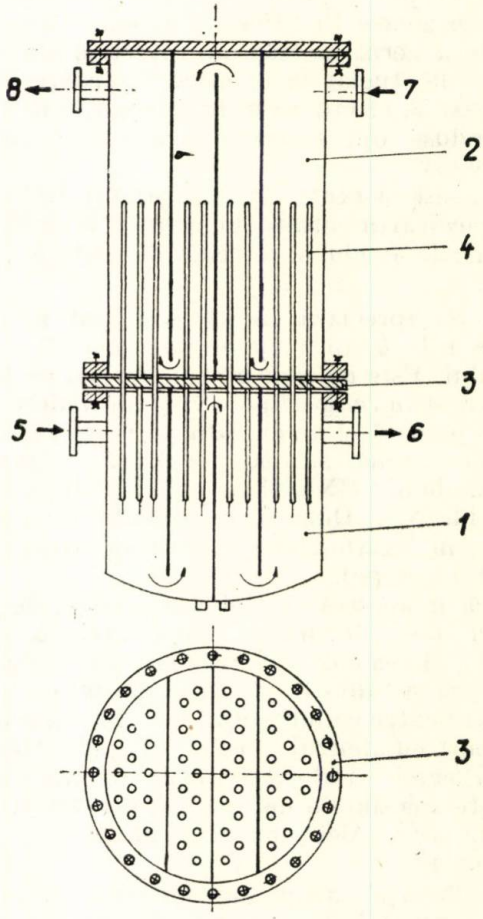


Fig. 1. Model experimental de recuperator de căldură cu tuburi termice din aluminiu extrudat.

1 — vaporizator; *2* — condensator; *3* — placă tubulară; *4* — tuburi termice; *5* — intrare apă caldă reziduală; *6* — ieșire apă răcită; *7* — intrare apă rece; *8* — ieșire apă preîncălzită.

(simeringuri), strînse de presetupe de alamă, obținîndu-se astfel o rezistență la etanșeitate de 10 daN/cm².

Pentru mărirea lungimii circuitului apei, atît în condensator cît și în vaporizator s-au prevăzut șicanele indicate în figura 1.

În construcția acestui model s-au utilizat 51 tuburi termice din aluminiu extrudat, nearipate, avînd caracteristicile prezentate în [1] și cu lungimea de 1 m.

*) Ing. Stan Fotă este director al Grupului de instalații-montaj din ICIM—Brașov; ing. Iosif Const. Bilegan este cercetător principal la ICEMENERG.

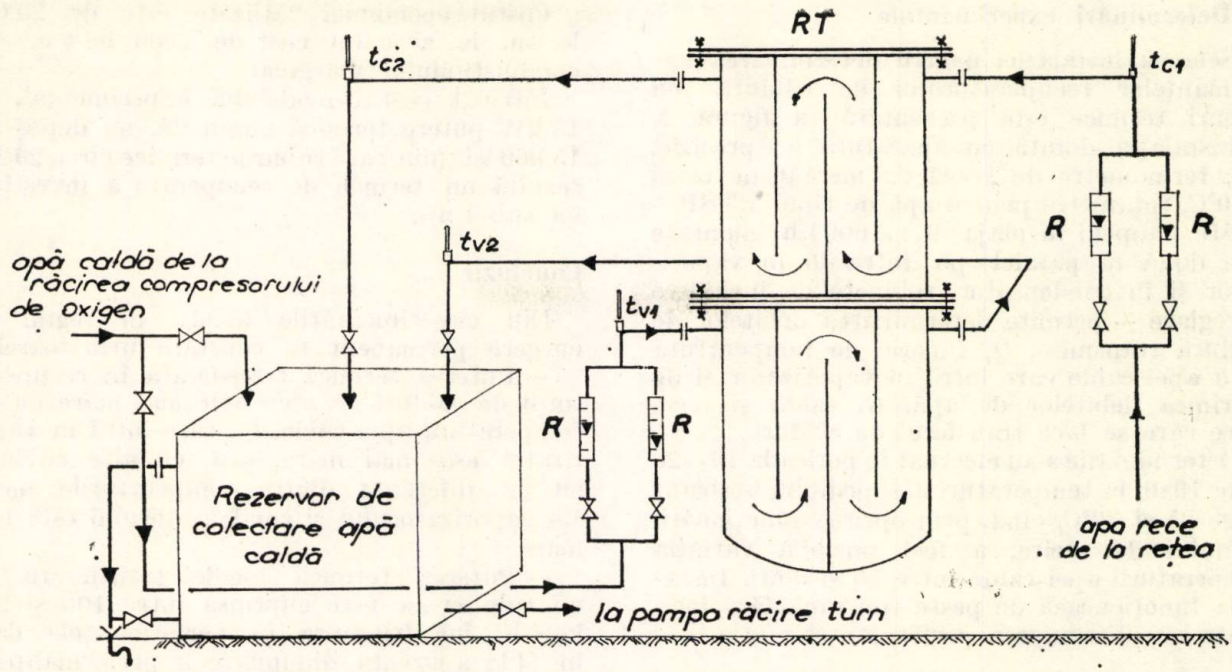


Fig. 2. Schema instalației pentru determinarea performanțelor recuperatorului de căldură cu tuburi termice.
RT — recuperator cu tuburi termice; *R* — rotametre; t_{v_1}, t_{v_2}, t_{c_1} și t_{c_2} — termometre pentru măsurarea temperaturilor apei, respectiv la intrarea și ieșirea din vaporizator, intrarea și ieșirea din condensator.

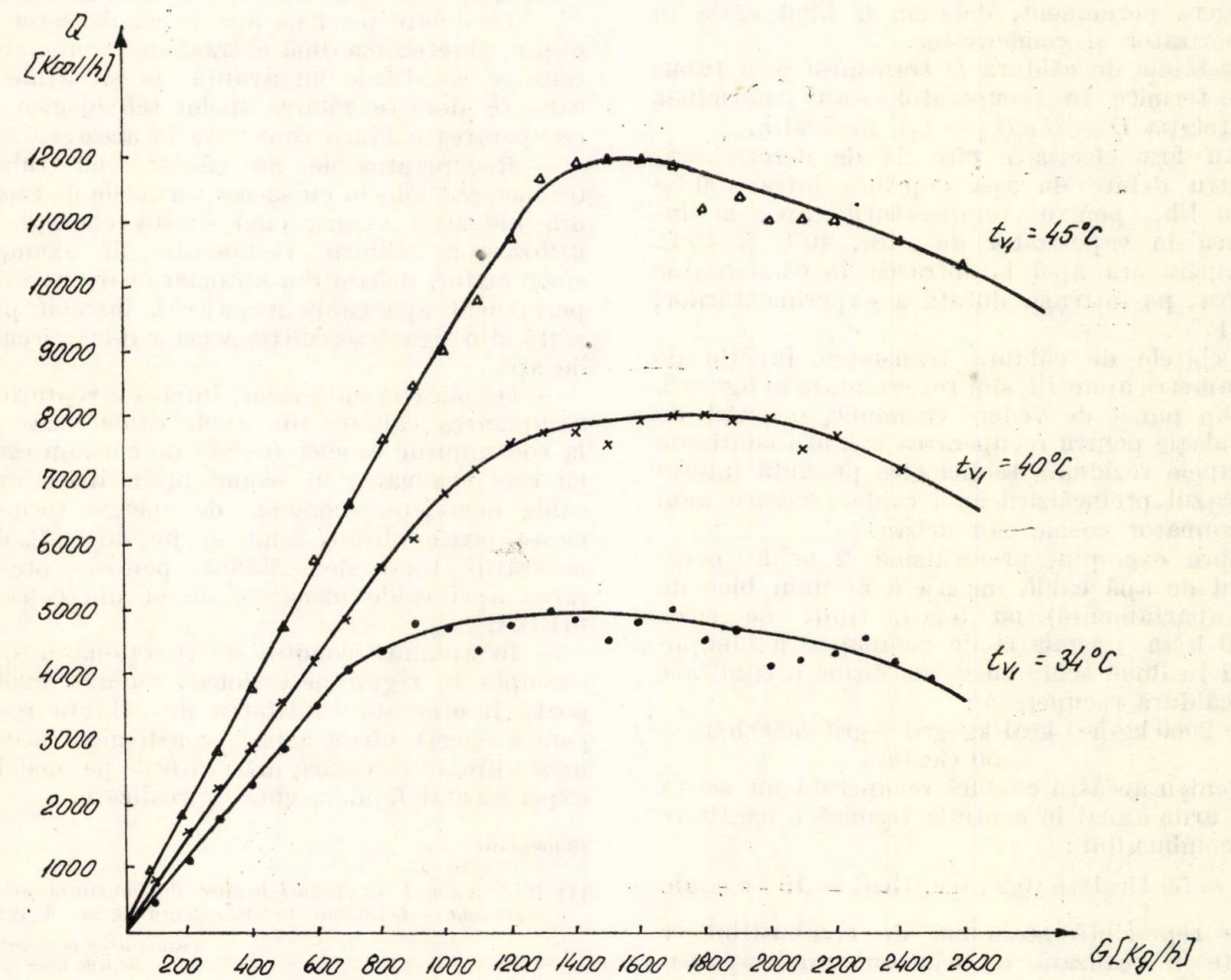


Fig. 3. Puterea termică transferată în recuperatorul de căldură funcție de debitul de apă *G* în condensator (egal cu cel din vaporizator) și de temperatura t_{v1} de intrare a apei calde în vaporizator.

2. Determinări experimentale

Schema instalației pentru determinarea performanțelor recuperatorului de căldură cu tuburi termice este prezentată în figura 2.

Instalația dotată cu aparatură de precizie, ca : termometre de sticlă cu mercur de clasă 1/10°C, rotametre pentru apă de tipul RTSP — IAMC Otopeni în plaja 0...1600 l/h, montate cîte două în paralel pe intrările în vaporizator și în condensator, robinete de închidere și reglare — permite determinarea debitelor de căldură transmise, Q, funcție de temperatura t_{v1} a apei calde care intră în vaporizator și de mărimea debitelor de apă, G, caldă și rece, între care se face transferul de căldură.

Determinările s-au efectuat în perioada 10—20 iulie 1980, la temperaturi ale mediului ambiant între 25 și 30°C, cînd, prin oprirea funcționării turnului de răcire, a fost posibilă variația temperaturii apei calde între 30 și 50°C. Instalația funcționează de peste trei luni, fără incidente sau diminuarea performanțelor sale.

3. Rezultate obținute

Determinările s-au efectuat în regim de curgere permanent, debitele G fiind egale în vaporizator și condensator.

Debitele de căldură Q transmise prin tuburile termice în recuperator s-au determinat cu relația $Q = G\, c_p(t_{c2} - t_{c1})$, în kcal/h.

Au fost efectuate cîte 24 de determinări, pentru debite de apă cuprinse între 100 și 2400 l/h, pentru temperaturile apei la intrarea în vaporizator de 34°C, 40°C și 45°C. Temperatura apei la intrarea în condensator a fost, pe întreaga durată a experimentărilor, de 17°C.

Debitele de căldură transmise, funcție de parametrii amintiți, sînt reprezentate în figura 3.

Din punct de vedere economic, o astfel de instalație pentru recuperarea căldurii conținute în apele reziduale tehnologice prezintă interes în cazul preîncălzirii apei calde necesare unui consumator casnic sau urban.

Spre exemplu, preîncălzind 2 m³/h (necesarul de apă caldă menajeră al unui bloc de 80 apartamente) cu 5 grd, timp de circa 5000 h/an (instalația de compresoare funcționînd în două schimburi), se obține o cantitate de căldură recuperată :

$$Q = 2000 \text{ kg/h} \cdot 1 \text{ kcal/kg} \cdot \text{grd} \cdot 5 \text{ grd} \cdot 5000 \text{ h/an} = 50 \text{ Gcal/an}$$

Pentru această căldură recuperată nu se va mai arde anual în centrala termică o cantitate de combustibil :

$$\Delta B = 50 \text{ Gcal/an} \cdot 0{,}2 \text{ t c.c./Gcal} = 10 \text{ t c.c./an},$$

care reprezintă economia de combustibil ce poate fi realizată cu ajutorul unui aparat.

Costul economiei realizate este de 20 000 lei/an, la actualul cost de 2000 lei/t c.c. al combustibilului marginal.

Întrucît costul modelului experimental, de 15 kW putere termică nominală, nu depășește 15 000 lei (din care tuburile termice circa 20 %), rezultă un termen de recuperare a investițiilor sub 1 an.

Concluzii

Din experimentările făcute în regim de curgere permanent se constată următoarele :

— Puterea termică transferată în recuperatorul de căldură este cu atît mai mare cu cît temperatura apei calde, t_{v1}, care intră în vaporizator este mai mare, sau, cu alte cuvinte, cu cît diferența dintre temperaturile medii ale vaporizatorului și condensatorului este mai mare.

— Puterea termică medie transferată de un tub termic este cuprinsă între 100 și 240 kcal/h, încadrîndu-se în performanțele date în [1]; aparenta diminuare a performanțelor de transfer de căldură față de tubul termic singular se datorează funcționării în fascicol, unde cîmpul de temperaturi este mult modificat.

— La debite mari de apă în condensator se obține puterea maximă extrasă de recuperator, ceea ce constituie un avantaj în situațiile în care se dorește răcirea apelor tehnologice cu recuperarea căldurii conținute în acestea.

— Recuperatoarele de căldură cu tuburi termice pot înlocui cu succes turnurile de răcire din industrie atunci cînd există condiții de utilizare a căldurii recuperate (de exemplu consumatori urbani din apropiere care necesită permanent apă caldă menajeră), întrucît prezintă și o sigură separație a celor două circuite de apă.

— O aplicație de imediat interes o reprezintă recuperarea căldurii din apele calde uzate de la consumurile casnice (debite de consum egale cu cele evacuate) în scopul preîncălzirii apei calde menajere, economia de energie termică ce se poate obține fiind în jur de 20 % din necesarul total de căldură pentru prepararea apei calde menajere direct din rețeaua urbană.

— În anumite condiții de funcționare, spre exemplu în regim nestaționar, cu acumulare, poate fi crescută cantitatea de căldură recuperată ; acest ultim aspect constituie obiectul unor viitoare cercetări, măsurătorile pe modelul experimental fiind în curs de realizare.

Bibliografie

[1] Bilegan, I. C. *Tuburi termice din aluminiu pentru schimbătoare de căldură.* În : Energetica 28, nr. 3, 1980.

(Articol intrat în redacție la 30 iulie 1980)

Relaţie pentru determinarea nivelului de eroziune de către cenuşă a ţevilor de economizor

ing. D. V. Pillat *)

Elementele suprafeţelor de schimb de căldură prin convecţie ale cazanelor de abur alimentate cu combustibili solizi sînt supuse acţiunii erozive exercitate de către particulele de cenuşă conţinute în gazele de ardere. Funcţionarea cazanelor cu combustibili inferiori a condus la o intensificare a uzării prin eroziune a ţevilor, fapt care se manifestă cu precădere la economizoare.

Eroziunea ţevilor de cazan datorită cenuşii este un fenomen complex, fiind influenţată de un număr relativ mare de factori. În legătură cu mecanismul producerii sale, nu există o poziţie unitară a specialiştilor. Cercetările întreprinse au pornit de la condiţiile specifice ale unor instalaţii şi combustibili existenţi, motiv care a făcut ca atît unele dintre rezultatele obţinute, cît şi soluţiile propuse pentru reducerea uzării ţevilor să fie diferite. Cu toate acestea, în marea majoritate a cazurilor, au fost obţinute relaţii asemănătoare de exprimare cantitativă a eroziunii. Trăsătura comună a acestor relaţii este dependenţa uzurii de produsul dintre debitul specific masic de agent eroziv şi pătratul vitezei particulelor. Dacă în unele relaţii, în locul debitului specific, intervine concentraţia masică de agent eroziv, atunci, în forma acestor relaţii, apare produsul între concentraţie şi viteza particulelor la puterea a treia.

Diferenţele însemnate obţinute prin aplicarea în practică a diverselor relaţii de calcul al uzurii ţevilor conduc la necesitatea elaborării unui mod unitar de determinare cantitativă a produsului eroziunii, care să ia în considerare toate mărimile ce influenţează direct fenomenul.

Deducerea unei astfel de relaţii în cazul ţevilor de economizor constituie obiectul articolului de faţă.

Din analiza fenomenului de eroziune a fascicolelor de ţevi ale economizoarelor rezultă că subţierea peretelui ţevii datorită eroziunii, h_{max} [cm], este dependentă de următoarele mărimi fizice :

M — debitul specific gravimetric de cenuşă [gf/cm²·s];
w_c — viteza particulelor de cenuşă în momentul impactului cu ţeava [cm/s];
γ_c — greutatea specifică a cenuşii [gf/cm³];
d_c — diametrul mediu al particulelor [cm];
E_t — modulul de elasticitate al materialului la temperatura de lucru [gf/cm²];
H_t — duritatea materialului ţevii la temperatura de lucru [gf/cm²];
d_t — diametrul exterior al ţevii [cm];
ν_g — viscozitatea cinematică a gazelor de ardere [cm²/s];
γ_g — greutatea specifică a gazelor de ardere [gf/cm³];
τ — durata procesului [s].

Aceste mărimi constituie variabile care pot fi grupate într-o funcţie de forma :

$$f(h_{max}, M, w_c, \gamma_c, d_c, E_t, H_t, d_t, \nu_g, \gamma_g, \tau)=0 \quad (1)$$

Pînă în prezent nu a putut fi stabilită pe cale analitică o relaţie care să descrie procesul prin intermediul tuturor variabilelor arătate. Deducerea unei astfel de relaţii va fi făcută în cele ce urmează pe baza analizei dimensionale generale [1]. Conform acestei teorii, relaţiile care descriu fenomenele fizice, şi care pot fi reprezentate sub forma unui produs de puteri, admit exponenţi de mărime avînd valori pozitive, întregi, minime sau mici. O astfel de relaţie este corectă dacă factorul numeric de proporţionalitate al acesteia, dedus pe cale experimentală, are o valoare constantă.

Cunoscîndu-se sensul de variaţie a variabilei dependente h_{max} cu celelalte variabile, poate fi scrisă relaţia monom cu exponenţi necunoscuţi la toate variabilele :

$$h_{max}^a \; d_t^b \; H_t^d \; \nu_g^e \; \gamma_g^f = k \; M^i \; w_c^j \; \gamma_c^l \; d_c^n \; E_t^o \; \tau^p, \quad (2)$$

în care k este un factor numeric de proporţionalitate.

Condiţia de omogenitate dimensională este exprimată printr-un sistem de trei ecuaţii liniare cu unsprezece necunoscute :

$$\begin{aligned} &a+b-2d+2e-3f = \\ &= -2i+j+3l+n-2o \qquad (L) \\ &d+f=i+l+0 \qquad (F) \\ &-e=-i-j+p \qquad (T) \end{aligned} \quad (3)$$

Prin aplicarea în rezolvarea acestui sistem de ecuaţii, conform analizei dimensionale generale, a teoremei valorilor pozitive, întregi, minime a exponenţilor de mărimi, rezultă două relaţii-soluţie. Din determinarea valorilor factorului numeric k, pe baza datelor experimentale, a reieşit pentru ambele relaţii că valorile acestuia nu sînt constante, ceea ce înseamnă că relaţiile nu sînt valabile pentru cazul analizat. În consecinţă, pentru stabilirea expresiei corecte a relaţiei (2) a fost necesar să fie precizat modul în care unele mărimi influenţează uzarea prin eroziune.

Din examinările teoretice şi experimentale prezentate în literatura de specialitate, cît şi din cele întreprinse de autor, au rezultat următoarele constatări :

— după cum s-a arătat mai sus, în relaţiile care descriu fenomenul de eroziune intervine

*) Ing. Dan Vasile Pillat este cercetător ştiinţific principal la ICEMENERG.

factorul Mw_c^2; ca atare, exponenții i și j din relația (2) au valorile : $i = 1$ și $j = 2$;

— viteza de uzare datorită eroziunii este practic constantă în timp, de unde rezultă că valoarea exponentului p din relația (2) este 1.

Prin adoptarea valorilor de mai sus, sistemul de ecuații (3) devine :

$$\begin{aligned} a+b-2d+2e-3f &= -3l+n-2o \quad (L) \\ d+f &= 1+l+o \quad (F) \\ -e &= -2 \quad (T) \end{aligned} \tag{4}$$

Aplicarea în rezolvarea sistemului de ecuații (4) a teoremei valorilor pozitive, întregi, minime a exponenților de mărimi conduce la o singură relație-soluție, avînd următoarele valori ale exponenților variabilelor :

$$\begin{array}{cccccccccccc} a & b & d & e & f & i & j & l & n & o & p \\ 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 & 1 \end{array}$$

După cum se va arăta în cele ce urmează, din calculul factorului numeric k, pe baza datelor experimentale proprii, a fost obținută o constanță satisfăcătoare a valorilor acestuia. Rezultă deci relația valabilă de calcul a eroziunii țevilor :

$$h_{max} = k \frac{M\, w_c^3\, \gamma_c\, d_c^3\, E_t\, \tau}{d_t\, H_t\, \nu_g^2\, \gamma_g^2} \tag{5}$$

Determinarea valorii factorului numeric de proporționalitate k a fost făcută prin efectuarea unui număr de 32 experimentări, în condițiile constructive și funcționale specifice economizoarelor. O primă grupă de experimentări a avut loc pe un stand în care fasciculele de țevi supuse eroziunii au fost amplasate într-un tunel aerodinamic în circuit deschis [2]. Agentul eroziv l-a constituit cenușa colectată de la cazanele din termocentrale, iar fluidul purtător — aerul la temperatura mediului ambiant. A doua grupă de experimentări a constat în urmărirea efectului eroziunii asupra unor eșantioane de țevi amplasate în canalele de gaze de ardere a două cazane diferite (în zona economizorului), și anume : la un cazan VZKG de 330 t/h din CET Craiova și la un cazan PBZKG—100 din CTE Doicești. În cazul ambelor grupe de experimentări, mărimile care intervin în relația (5) au fost obținute fie prin măsurări directe (M, w_c, γ_c, τ, d_t, H_t), fie prin citiri de nomograme sau tabele (E_t, ν_g) sau prelucrarea prin calcule a unor mărimi măsurate (d_c, γ_g).

Prin introducerea rezultatelor astfel obținute în relația (5) au rezultat valori ale factorului k cuprinse între $3{,}93 \times 10^{-17}$ și $5{,}02 \times 10^{-17}$, iar prin medierea acestora — valoarea $4{,}423 \times 10^{-17}$. În consecință, forma finală a relației (5) va fi :

$$h_{max} = 4{,}423 \times 10^{-17} \frac{M\, w_c^2\, \gamma_c\, d_c^3\, E_t\, \tau}{d_t\, H_t\, \nu_g^2\, \gamma_g^2} \tag{6}$$

Prin intermediul acestei relații poate fi determinat fie nivelul de eroziune a țevilor după o anumită perioadă de funcționare a acestora, fie durata lor de utilizare, dacă este cunoscut gradul de uzare h_{max}. De asemenea, impunîndu-se valori limitative ale vitezei de eroziune a țevilor, pot fi stabilite vitezele limită admisibile ale particulelor de cenușă (și deci și ale gazelor de ardere) în zonele considerate ale cazanelor.

Se face precizarea că relația (6) este strict valabilă pentru domeniul de valori ale mărimilor corespunzător zonei economizoarelor și pentru așezarea perpendiculară a axei țevilor față de direcția fluxului gaze de ardere-cenușă.

Rezultatele cele mai sigure se obțin dacă relația este utilizată pentru valori ale mărimilor avînd următoarele limite superioare : concentrația gravimetrică maximă a cenușii în fluidul purtător — 50(100) gf/m^3; viteza maximă a particulelor de cenușă — 30 m/s ; diametrul maxim al particulelor care alcătuiesc cenușa zburătoare — 400 μm ; temperatura maximă a gazelor de ardere și a cenușii — 700°C ; diametrul exterior maxim al țevilor — 50 mm. De asemenea se recomandă ca relația să fie aplicată cu precădere pentru țevi din oțeluri-carbon sau slab aliate.

Pentru a se obține o bună ilustrare asupra nivelului de precizie în determinarea uzării țevilor prin intermediul relației (6), în tabelul 1 a fost prezentat un extras al rezultatelor experimentărilor proprii și ale altor autori, precum și rezultatul unui calcul al uzurii cu relația prezentată în [3]. Tabelul cuprinde condițiile de efectuare a experimentărilor, valorile unor mărimi implicate, cît și abaterile valorilor factorului numeric k, determinate cu relația (5), față de valoarea acestuia din relația (6).

Din examinarea rezultatelor prezentate reiese că marea majoritate a abaterilor de la valoarea de $4{,}423 \times 10^{-17}$, aferentă relației (6), sînt inferioare valorii de 10%, ceea ce este acceptabil. Erorile mai mici au fost obținute în cazul experimentărilor proprii, la care s-a dispus de date măsurate pentru toate mărimile care intervin în relație. Abaterile mari, rezultate pentru unele experimentări ale autorilor străini, pot fi explicate prin aceea că, din lipsă de date suficiente prezentate în lucrările respective, valorile anumitor mărimi au fost estimate.

Trebuie menționat faptul că relația (6) nu ia în considerare totalitatea factorilor care influențează procesul de eroziune a fasciculelor

Tabelul 1

Proveniența experimentării	Dispunerea țevilor	Fluidul purtător		Agentul eroziv (cenușa)				Țevile			Viteza de uzare h_{max}/τ	Factorul numeric k determinat cu rel. (5)	Eroarea față de k din rel. (6)
	rîndul de țevi	felul	t_g	Proveniența	M	w_c	d_c	Marca oțelului	d_t	t_t			
			°C		gf/cm²s	cm/s	cm		cm	°C	cm/s		%
Autor	alternată / 1	aer	20	lignit Oltenia	$5,031\times10^{-2}$	1597	$7,5\times10^{-3}$	14CMo4	3,2	20	$5,722\times10^{-9}$	$4,489\times10^{-17}$	1,5
Autor	alternată / 2	aer	20	lignit Oltenia	$7,546\times10^{-2}$	2701	$6,9\times10^{-3}$	14CMo4	3,2	20	$18,863\times10^{-9}$	$4,209\times10^{-17}$	4,8
Autor	alternată / 1	gaze ardere	425	lignit Oltenia	$5,031\times10^{-2}$	1590	$7,5\times10^{-3}$	10CMo10	3,2	425	$1,739\times10^{-9}$	$4,064\times10^{-17}$	8,1
Autor	în linie / 1	aer	20	lignit Oltenia	$5,031\times10^{-2}$	1557	$7,5\times10^{-3}$	10CMo10	3,2	20	$5,317\times10^{-9}$	$4,077\times10^{-17}$	7,8
Autor	alternată / 3	aer	20	lignit Oltenia	$7,043\times10^{-2}$	2464	$7,0\times10^{-3}$	12022	3,2	20	$13,318\times10^{-9}$	$4,279\times10^{-17}$	3,3
Autor	alternată / 4	aer	20	lignit Ardealul de Nord	$7,295\times10^{-2}$	2219	$6,6\times10^{-3}$	15111.9	3,2	20	$13,799\times10^{-9}$	$4,759\times10^{-17}$	7,1
Autor	alternată / 1	aer	20	mixte huilă V. Jiului	$5,031\times10^{-2}$	1590	$7,7\times10^{-3}$	OAT–2	3,8	20	$3,383\times10^{-9}$	$3,673\times10^{-17}$	16,9
Autor	alternată / 3	aer	20	lignit Muntenia	$7,043\times10^{-2}$	2462	$5,7\times10^{-3}$	12022	3,2	20	$7,621\times10^{-9}$	$4,857\times10^{-17}$	8,9
Autor	alternată / 1	gaze ardere	400	lignit Muntenia	$1,873\times10^{-2}$	836	$6,5\times10^{-3}$	14CMo4	3,2	400	$0,132\times10^{-9}$	$4,415\times10^{-17}$	0,2
Autor	alternată / 2	aer	20	șist Banat	$7,546\times10^{-2}$	2700	$7,2\times10^{-3}$	St.35.8	31,8	20	$17,359\times10^{-9}$	$4,887\times10^{-17}$	9,5
Bratcikov [3]	alternată / 1	gaze ardere	300	cărbune brun Ekibastuz	$2,688\times10^{-2}$	840	$9,3\times10^{-3}$	St.20	3,2	250	$1,122\times10^{-9}$	$5,949\times10^{-17}$	25,6
Dubovski și Patronova [4]	alternată / 1	aer	20	șist Estonia	$40,6\times10^{-2}$	1400	$10,4\times10^{-3}$	St.20	3,2	20	$97,22\times10^{-9}$	$4,754\times10^{-17}$	6,9
Dubovski și Patronova	alternată / 1	aer	20	șist Estonia	$40,36\times10^{-2}$	1710	$10,3\times10^{-3}$	St.20	3,2	20	$135,4\times10^{-9}$	$4,595\times10^{-17}$	3,7
Fehndrich [5]	alternată / 1	aer	20	nisip cuarțos	$9,03\times10^{-2}$	1500	15×10^{-3}	13CrMo44	4,45	500	$46,01\times10^{-9}$	$3,840\times10^{-17}$	13,2
Fehndrich	alternată / 1	aer	20	nisip cuarțos	$9,03\times10^{-2}$	1000	15×10^{-3}	13CrMo44	4,45	20	34×10^{-9}	$5,759\times10^{-17}$	23,2

de țevi. Influențele omise, care nu sînt însă hotărîtoare, sînt înglobate în factorul numeric, a cărui valoare poate deci constitui un element de aproximare a relației.

În cele ce urmează vor fi făcute cîteva precizări referitoare la modul de determinare a unor mărimi din relația (6).

Pentru cazurile în care subțierea maximă a peretelui țevii h_{max} nu poate fi măsurată cu o precizie satisfăcătoare și se recurge la cîntărirea porțiunii de țeavă analizate, se recomandă determinarea h_{max} prin aplicarea unei relații de transformare a pierderii în greutate a țevii în subțierea maximă a peretelui acesteia. Relația a fost stabilită pe baza unui model matematic propriu [6]. Pentru sistemul de unități de măsură adoptat mai sus, una dintre formele acestei relații este următoarea :

$$h_{max} = \frac{\Delta G}{120\ \gamma_t\ d_t}, \qquad (7)$$

în care, ca mărimi suplimentare, intervin : ΔG — pierderea în greutate datorită eroziunii pentru o lungime a țevii de 1 m [gf] și γ_t — greutatea specifică a materialului țevii [gf/cm^3]. Mărimile h_{max} și d_t sînt exprimate în centimetri.

Determinarea judicioasă a debitului specific (sau a concentrației) de cenușă și a vitezelor particulelor erozive prezintă o importanță deosebită. În multe cazuri, diversele reprezentări pentru determinarea acestor mărimi, elaborate în condiții și ipoteze simplificatoare, nu au condus la obținerea unor valori reale. Unicul mod corect de stabilire a mărimilor arătate îl constituie măsurarea.

Curgerea amestecului gaze de ardere — cenușă printre țevile fasciculului este puternic neuniformă. Într-un anumit punct al fasciculului, gradul total de neuniformitate a debitului specific sau a vitezei cenușii este rezultatul înmulțirii a două componente : o neuniformitate la scară mare (datorită configurației canalelor de gaze de ardere, cît și regimului de funcționare a cazanului) și o neuniformitate la scară mică (cauzată de caracteristicile geometrice ale fasciculului, de poziția țevii din fascicul, precum și de alte elemente constructive și funcționale din vecinătatea țevii) [7]. De aceea măsurarea vitezelor și a debitului specific (concentrației) de cenușă trebuie făcută asupra fiecărei țevi analizate a fasciculului, după ce în prealabil au fost determinate distribuțiile celor două mărimi în canalul liber înaintea zonei considerate (pe model sau pe instalația reală) [7].

Viteza particulelor de cenușă poate fi determinată prin măsurarea directă (de exemplu prin filmare rapidă) sau prin măsurarea vitezei gazelor de ardere și considerarea vitezei de cădere a particulelor, w_s. În acest din urmă caz, în funcție de sensul de curgere a gazelor de ardere în canalul vertical, viteza particulelor rezultă ca fiind :

$$w_c = w_g \pm w_s \qquad (8)$$

Mărimea d_c din relația (6) reprezintă diametrul mediu efectiv al particulelor și se determină cu considerarea compoziției granulometrice a cenușii, conform metodei propuse de către Bratcikov [8]. Potrivit noțiunii introduse de către acest autor, diametrul mediu efectiv este acel diametru pe care ar trebui să-l aibă toate particulele, astfel încît acestea să posede energia cinetică reală a prafului polidispers.

Duritatea materialului țevii la temperatura de lucru H_t este exprimată în unități Vickers, transformate în gf/cm^2.

Bibliografie

[1] Staicu, C. I. *Analiza dimensională generală.* Editura tehnică, București, 1976.

[2] Pillat, D.V. *Results of Research on Erosion Caused by Fly Ash Inside Steam Boilers.* Seminar C.E.E.—O.N.U., R. 28, Varna, aprilie 1976.

[3] Bratcikov, V. N. *Formulă pentru determinarea uzurii de către cenușă a țevilor economizoarelor.* În : Teploenerghetika, nr. 3, 1972.

[4] Dubovski, I. E. și Patronova, M.V. *Uzura datorită cenușii a țevilor de economizor la arderea șisturilor din Estonia.* În : Energomașinostroenie, nr. 12, 1962.

[5] Fehndrich, W. *Verschleissuntersuchungen an Kesselrohren.* Disertație pentru titlul de doctor inginer, T. H. Karlsruhe, 1968.

[6] Pillat, D. V. *Evoluția eroziunii fascicolelor de țevi ale cazanelor de abur.* În : Energetica, nr. 3—4, 1977.

[7] Pillat, D. V. *Research Regarding Ash Emission Lowering on Heating Surfaces of Steam Boilers.* Forschung in der Kraftwerkstechnik 1977, Conferință VGB, 1977.

[8] Bratcikov, V. N. *Influența compoziției fracționare a cenușii asupra uzurii abrazive a suprafețelor convective de încălzire ale generatoarelor de abur.* În : Teploenerghetika, nr. 3, 1971.

(Articol intrat în redacție la 26 septembrie 1980)

Stația de mare putere a ICEMENERG, o importantă bază experimentală pentru verificarea fiabilității echipamentelor electroenergetice *)

dr. ing. **Gh. Bălan**,
ing. **V. Onu**
și ing. **E. Mihalcea****)

1. Generalități

Creșterea continuă a puterilor de scurtcircuit în rețelele electrice, extinderea și interconectarea sistemului energetic, necesitatea asigurării siguranței în exploatare ridică în mod continuu probleme noi atît pentru constructorii de echipamente electroenergetice, cît și pentru exploatare, care trebuie să-și raționalizeze și modernizeze echipamentul existent.

De asemenea, fiabilitatea produselor, bazată în exclusivitate pe experiment, pe practică, a devenit o preocupare curentă a exploatării și o condiție tehnică obligatorie în caietele de sarcini, normele interne și standarde.

Pornind de la aceste considerente, deși constituie inventii relativ costisitoare, stațiile de încercări de mare putere, cu alimentare din sistem sau cu generatoare proprii, continuă să se dezvolte în lumea întreagă.

Realizarea și punerea în funcțiune a Stației de mare putere a M.E.E. — ICEMENERG se înscrie pe această linie.

Avantajul stației cu alimentare din rețea față de cea cu generatoare proprii este că nu necesită investițiile legate de generatoarele de șoc și anexe și reproduce mai fidel, la încercări, condițiile din exploatare.

2. Descrierea stației de mare putere

2.1. *Schema stației*

În figura 1 se prezintă schema monofilară de principiu a stației de mare putere. Concepția generală a schemei, tipul utilajelor și standurile realizate sînt determinate de alimentarea stației din sistem la 220 kV sau 110 kV.

Schema are trei părți distincte funcțional și ca dispoziție în spațiu:

— un traseu pentru încercări la înaltă tensiune, 110 kV sau 220 kV, reprezentat în figura 1, prin: $I_1-XI-DMO_2-OB_2-Sh$ sau linie de întoarcere;

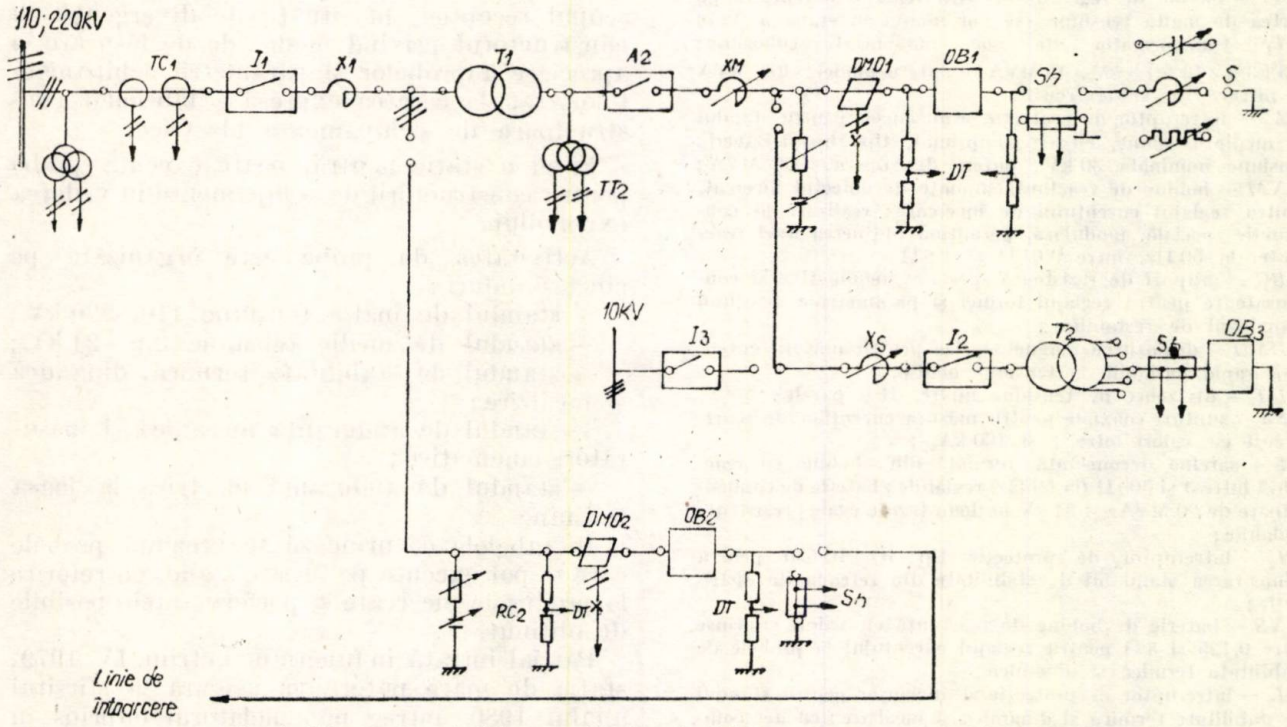


Fig. 1. Schema de principiu monofilară a Stației de mare putere a ICEMENERG.

— un traseu pentru încercări de medie tensiune, în gama 3,6—24 kV, reprezentat prin: $I_1-T_1-A_2-XM-OB_1-Sh$ sau S;

— un traseu pentru probe de stabilitate termică și dinamică sau probe de încălzire, reprezentat în figura 1 prin: $I_1-T_1-A_2-XM-XS-I_2-T_2-OB_3$.

Ultimul traseu poate fi alimentat și din bara de distribuție de 10 kV, funcționînd în

*) Comunicare prezentată la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice: „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești", ICEMENERG, 26—28 iunie 1980.

**) Dr. ing. Gh. Bălan este director adj. științific la ICEMENERG; ing. V. Onu este șeful stației de mare putere, iar ing. E. Mihalcea șeful Laboratorului de transformatoare și aparataj din ICEMENERG.

felul acesta independent de partea de înaltă și medie tensiune.

Schema a fost astfel concepută și realizată încît să permită, în etapa de dezvoltare, realizarea unui stand de deconectare trafo în gol, linie artificială pentru defect kilometric, linii în gol sau cabluri în gol și schemă sintetică de verificare a puterii de rupere.

De altfel, s-a avut, și se are tot timpul în vedere, caracterul dinamic al evoluției metodelor și schemelor de încercare, ca urmare a condițiilor impuse de dezvoltarea rețelelor și echipamentelor.

2.2. *Utilajele de bază*

Deși, în unele privințe, asemănătoare cu o stație de înaltă tensiune din sistemul energetic, stația de mare putere are în dotare și echipamente speciale, concepute să funcționeze în regimurile specifice încercărilor de mare putere.

Utilizînd notațiile din figura 1, în cele ce urmează se prezintă datele tehnice ale echipamentelor mai importante :

I_1 — întreruptor de protecție IO—220 kV—12 000 MVA ;
XI — bobine de reactanță pentru reglajul curentului pe partea de înaltă tensiune (se vor monta în etapa a 2-a) ;
T_1 — transformator de șoc monofazat, coborîtor ; $245/\sqrt{3}/2\times12{,}5/\sqrt{3}$ kV ; 40 MVA — putere model ; 400 MVA — putere de scurtcircuit ;
A_2 — întreruptor de protecție și anclanșor pentru standul de medie tensiune, cu aer comprimat, tip Brown-Boveri ; tensiune nominală 30 kV ; putere de rupere 1000 MVA ;
XM — bobine de reactanță amonte de obiectul încercat, pentru reglajul curentului de încercare ; realizate în construcție specială, modulară, permițînd obținerea unei reactanțe, la 50 Hz, între 0,01 Ω și 1,8 Ω ;
RC — grupuri de rezistențe speciale, neinductive și condensatoare pentru reglajul formei și parametrilor tensiunii tranzitorii de restabilire ;
DMO — dispozitive magnetooptice pentru măsura curenților rapid variabili, la tensiune înaltă ;
DT — divizoare de tensiune mixte, R-C paralel.
Sh — șunturi coaxiale pentru măsura curenților de scurtcircuit cu valori între 1 și 100 kA_{ef} ;
S — sarcină deconectată, formată din : bobine cu reactanță între 3 și 300 Ω (la 50 Hz) reglabile ; baterie de condensatoare de 20 MVAr și 24 kV în două trepte egale ; rezistențe reglabile ;
I_3 — întreruptor de protecție tip IO—10/630 pentru alimentarea standului de stabilitate din rețeaua de distribuție ;
XS — baterie de bobine de reactanță cu valori cuprinse între 0,125 și 8 Ω pentru reglajul curentului la probele de stabilitate termică și dinamică ;
I_2 — întreruptor de protecție și anclanșor pentru standul de stabilitate termică și dinamică și încălzire ; cu aer comprimat, tip Brown-Boveri, tensiune nominală 10 kV, putere de rupere 400 MVA.
T_2 — transformator coborîtor de șoc alimentat la 10 kV cu conexiuni secundare ce realizează, în trepte, plaja 100—1000 V ; putere model — 4 MVA, tensiune de scurtcircuit—1,25%, permițînd obținerea unui curent de scurtcircuit la borne de 600 kA_{ef}, iar pe o impedanță de 0,1 mΩ un curent termic de 200 kA și dinamic de 500 kA_{max}.

Linia de întoarcere permite racordarea în aval de întreruptorul încercat, ca sarcină, a unei linii în gol, transformator în gol, linie artificială pentru defect kilometric etc.

Pentru măsură și înregistrare se dispune de aparate de măsură clasice, de clasă de precizie 0,1 și 0,2 ; aparate de măsură cu afișare cifrică, punți înregistratoare de temperatură, oscilografe cu bucle cu viteze între 0,2 și 4,5 m/s ; oscilografe catodice cu baleiaj mecanic cu viteze ale hîrtiei pînă la 40 m/s ; osciloscoape catodice de performanță înaltă (de ex. Tektramix 5113) etc.

Aceste echipamente conferă rezultatelor obținute o deosebită precizie și acurateță.

3. Posibilități de încercare în Stația de mare putere

Fiind o stație de încercări cu alimentare din sistem și deservind unitățile M.E.E. care exploatează echipamentele electrice testate aici, standurile realizate, metodologia și nomenclatorul de probe sînt orientate spre verificarea prin încercări a regimurilor de funcționare normale și anormale ce apar în exploatare, modernizarea echipamentului existent și a schemelor de montaj și exploatare.

Se pot executa totuși și probe de tip specifice standurilor constructorilor de echipamente în scopul recepției, în situații de divergență cu constructorul privind modul de desfășurare și apreciere a probelor și parametrii echipamentelor, sau la cererea expresă a fabricilor constructoare de echipamente electrice.

Fiind o stație neutră, poate executa probe pentru constructorii de echipamente în vederea exportului.

Activitatea de probe este organizată pe cinci standuri :

— standul de înaltă tensiune 110, 220 kV ;
— standul de medie tensiune 3,6—24 kV ;
— standul de stabilitate termică, dinamică și încălzire ;
— standul de anduranță mecanică și măsurători cinematice ;
— standul de anduranță electrică la joasă tensiune.

În tabelele ce urmează se prezintă probele care se pot executa pe fiecare stand, cu referire la produsele încercate și performanțele posibile de obținut.

Parțial intrată în funcțiune în trim. IV. 1979, stația de mare putere va asigura la sfîrșitul anului 1980 întreg nomenclatorul cuprins în tabelele 1—5.

Stația de mare putere își dezvoltă cu prioritate acele standuri și tipuri de încercări care nu pot fi executate de Laboratorul de mare putere Craiova (anduranță electrică, comutație în regimuri capacitive, inductive și active, comutație linii în gol și trafo în gol etc.), pentru a completa nomenclatorul încercărilor la care urmează să fie supuse echipamentele electrice. Se dezvoltă de asemenea acele tipuri de încercări ce corespund regimurilor care apar în

Tabelul 1

Probe care se pot executa pe standul de înaltă tensiune

Nr.	Felul probei	Echipamente încercate	Parametri și observații
1	Comutație în regim de scurtcircuit la borne	Întreruptoare de înaltă tensiune	$P_{sc} = 6000$ MVA
2	Comutație în regim de defect kilometric	Întreruptoare de înaltă tensiune	În limitele puterii de mai sus, în etapa a 2-a
3	Comutație linii în gol	Idem	
4	Probe de arc liber	Izolatoare-suport Lanțuri de izolatoare	$I_{sc} = 30$ kA
5	Comutație trafo în gol (curenți mici inductivi)	Întreruptoare de înaltă tensiune	$I_0 = 0{,}5-20$ A la cos $\varphi = 0{,}2$
6	Comutație în regim de sarcină nominală (anduranță electrică)	Idem	În etapa a 2-a
7	Scurtcircuit brusc	Trafo de putere	$S_n = 250$ MVA

Tabelul

Probe care se pot executa pe standul de medie tensiune

Nr.	Felul probei	Echipamente încercate	Parametri și observații
1	Comutație în regim de scurtcircuit la borne	Întreruptoare de MT Contactoare	$P_{sc\ 1,3} = 200$ MVA la 3,6 kV $= 400$ MVA la 7,2 kV $= 750$ MVA la 12 kV $= 750$ MVA la 24 kV
2	Capacitate de conectare pe scurtcircuit	Scurtcircuitoare Contactoare	$I_{sc} = 31{,}5$ kA
3	Comutație curenți inductivi (inclusiv anduranță electrică)	Întreruptoare Contactoare Separatoare de sarcină Separatoare	$I = 10 - 4\,000$ A cos $\varphi = 0{,}15 \div 0{,}3$
4	Comutație baterii de condensatoare: — unică — în trepte (anduranță în regim capacitiv)	Întreruptoare Contactoare Separatoare de sarcină	$P_r = 20$ MVAr sau 2 trepte de 10 MVAr
5	Comutație în sarcină activă (anduranță electrică)	Întreruptoare Separatoare de sarcină	$I_n = 50 - 5000$ A
6	Capacitate de rupere și limitare	Siguranțe fuzibile	Ca la pct. 1
7	Deconectare cabluri în gol	Întreruptoare Contactoare Separatoare de sarcină	Modelare cu baterii de condensatoare conf. STAS 3686
8	Ridicarea caracteristicii timp-curent	Siguranțe fuzibile	$I = 20$ A $- 20$ kA
9	Scurtcircuit brusc	Transformatoare de putere	$S_n = 100$ MVA
10	Stabilitate termică și dinamică	Bobine de reactanță Rezistențe	$I_{sc} = 1 - 30$ kA
11	Probe de arc liber	Izolatoare Celule prefabricate	$I_{sc} = 30$ kA

Tabelul 3

Probe ce se pot executa pe standul de stabilitate termică, dinamică și încălzire

Nr.	Felul probei	Echipamente încercate	Parametri și observații
1	Stabilitate termică și dinamică	Aparataj de înaltă, medie și joasă tensiune — întreruptoare — separatoare — contactoare — celule și distriblocuri — reductoare de curent — scurtcircuitoare — cabluri, armături	$I_{t1s} = 100$ kA $I_d = 250$ kA
2	Încălzire	Idem	$I = 1$ A — 10 000 A

Tabelul 4

Probe ce se pot executa pe standul de anduranță mecanică și măsurători cinematice

Nr.	Felul probei	Echipamente încercate	Parametri și observații
1	Probe de anduranță mecanică	Întreruptoare de medie și înaltă tensiune Separatoare de medie și înaltă tensiune	
2	Măsurători cinematice (viteze, curse, nesimultaneități, depășiri etc.)	Întreruptoare de medie și înaltă tensiune	La cerere se pot executa măsurători și în instalațiile beneficiarului

Tabelul 5

Probe ce se pot executa pe standul de joasă tensiune

Nr.	Felul probei	Echipamente încercate	Parametri și observații
1	Capacitate de comutație în regim de scurtcircuit la borne	Contactoare Întreruptoare automate	La tensiunea 0,4 kV $I_{sc} = 10 - 100$ kA
2	Putere de rupere și limitare	Siguranțe fuzibile	Idem
3	Comutație în regim nominal și suprasarcină	Întreruptoare automate Contactoare	La $U = 0{,}4$ kV $I = 50$ A — 10 kA
4	Ridicarea caracteristicii curent-timp	Siguranțe fuzibile	$I = 5$ A — 100 kA

exploatarea echipamentelor, urmărind realizarea unui program complex de testare a fiabilității echipamentelor electroenergetice.

Prin realizarea, în etapa a 2-a de dezvoltare, a unor dotări speciale (linie artificială pentru defect kilometric, stand pentru deconectare trafo gol, schemă sintetică pentru deconectare în regim de scurtcircuit etc., stația de mare putere va deveni un pivot important al asigurării calității echipamentelor electroenergetice și siguranței în funcționare a sistemului energetic național.

Asupra utilizării funcției de distribuție exponențiale în modelarea siguranței în energetică și aspectele de mentenanță conjugate cu aceasta

ing. M. Stein
și dr. ing. D. C. Ionescu *)

Se întîlnesc încă destul de frecvent anumite reticențe privind adoptarea funcției de repartiție exponențiale în modelele de calcul al siguranței în general, ca și în cazul particular al instalațiilor energetice. De multe ori, în luarea unor atitutdini în această privință, fie în scris, în publicații de specialitate, fie cu ocazia unor schimburi de păreri directe între specialiști, nu se face suficientă distincție între scopurile pentru care se elaborează modele sau se efectuează calcule de siguranță, tipurile de elemente care sînt luate în considerare — reparabile sau nereparabile — sau între indicatorii urmăriți prin calcul.

Modul în care este organizată și realizată mentenanța instalațiilor sau elementelor reparabile și nereparabile are de asemenea un rol hotărîtor asupra aspectului în cauză.

Lucrarea își propune să evidențieze unele dintre acele aspecte care determină posibilitatea utilizării legii exponențiale, domeniile de utilizare, precum și unele condiții de optimizare a mentenanței.

1. Indicatori de fiabilitate ai elementelor simple

Din experiența noastră de pînă acum a rezultat că pentru instalațiile energetice de producere, transport sau de distribuție de diferite tipuri sau destinații indicatorii urmăriți prin calcule de siguranță trebuie diferențiați (specializați), ceea ce a determinat elaborarea și a unor modele de calcul specifice.

Din acest punct de vedere, dependent de tipul elementelor și al destinației lor, se pot evidenția următoarele două categorii:

— Elemente sau dispozitive nereparabile, la care indicatorii principali de fiabilitate sînt:

a) probabilitatea de funcționare fără întrerupere într-un interval de timp $[0, T]$;

b) numărul mediu de restabiliri (prin înlocuire) a unor elemente din cadrul unui dispozitiv într-un interval de timp $[0, T]$;

c) probabilitatea de funcționare fără întrerupere într-un interval de timp $[t, t + \Delta t]$.

(Pentru instalații constituite din elemente reparabile, dar servind ca surse de siguranță, rezervă sau de intervenție, s-au urmărit de asemenea indicatorii de la pct. a), intervalul de timp $[0, T]$ fiind acela pe durata căruia sursa respectivă trebuie să funcționeze fără defecțiuni. Asemenea indicatori au fost urmăriți și în cazurile în care însuși intervalul $[0, T]$ este o variabilă aleatorie.)

— Elemente sau dispozitive reparabile, la care indicatorii principali urmăriți sînt:

d) numărul mediu de întreruperi într-un interval de timp $[0, T]$, din care:

d_1 — întreruperi lichidate în urma reparației elementului (lor) defectat (e);

d_2 — întreruperi lichidate în urma unor manevre manuale (de exemplu comutarea manuală a unor circuite de rezervă, separarea unor porțiuni de instalații defecte, închiderea unor vane etc. etc.);

d_3 — întreruperi lichidate în urma acțiunii unor instalații de automatizare (de exemplu, prin anclanșarea automată a rezervei, porniri automate a unor agregate etc.);

e) durata medie a unei întreruperi eliminate prin repararea elementelor defectate.

(Duratele întreruperilor conform d_2, d_3 nu fac obiectul calculelor deoarece sînt valori deterministe.);

f) durata totală a întreruperilor într-un interval $[0, T]$;

g) probabilitatea staționară de succes, respectiv de insucces, a unei instalații sau unui dispozitiv.

Lucrarea își propune să arate că, dintre toți acești indicatori menționați, numai cei de la punctele a) și b) necesită cunoașterea funcției de siguranță „naturale" a elementelor sau a dispozitivelor, deoarece pentru determinarea celorlalți indicatori, în anumite condiții de mentenanță și de durate $[0, T]$ pentru care se efectuează calculele, se poate admite practic totdeauna distribuția exponențială sau, mai exact, o intensitate de avariere, λ, constantă în timp.

2. Corelația între mentenanță și fiabilitate

Un element reparabil se caracterizează printr-un regim de funcționare ca cel prezentat în figura 1.

La asemenea elemente, scopul întreruperii voite (planificate) constă în restabilirea condițiilor de bună funcționare a unui element sau dispozitiv sau, mai precis, în readucerea intensității de defectare la valorile inițiale, cele mai favorabile, care pe parcursul funcționării au evoluat în timp.

Este cunoscut faptul, și este de altfel și evident, că asemenea opriri voite și planificate sînt necesare și utile numai în cazul în care intensitatea de avarie prezintă o creștere în timp, că sînt dăunătoare și nerecomandabile în cazul unor elemente cu intensitatea scăzătoare în timp și ineficiente în cazul unei intensități constante de defectare în timp.

*) Ing. M. Stein este ing. pr. grad I la ISPE; dr. ing. D. C. Ionescu este șef de lucrări la Institutul politehnic București.

Acest fapt este de altfel şi foarte simplu de demonstrat :

Fie $R(t) = e^{-\lambda t}$ funcţia de siguranţă a elementului cu $\lambda = \text{const.}$ *)

Fie T durata pentru care se doreşte realizarea unui anumit nivel de fiabilitate. Fără nici un fel de mentenanţă preventivă, rezultă că :

$$R(T) = e^{-\lambda T} \qquad (1)$$

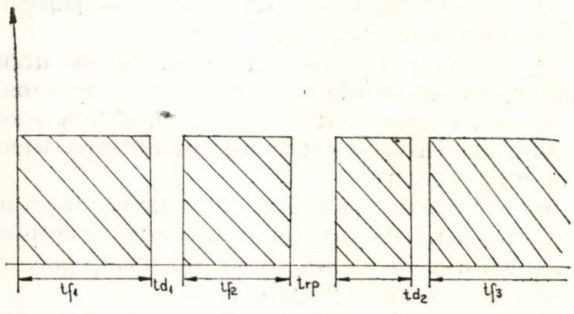


Fig. 1

t_f t_d — timpii de funcţionare, respectiv de defect ; t_{rp} — timpul pentru o intervenţie de mentenanţă planificată (preventivă)

Dacă pe durata T se fac acţiuni de mentenanţă preventivă de n ori, înseamnă că probabilitatea ca elementul să nu se defecteze în intervalul $[0, T]$ trebuie să fie :

$$R(T) = [e^{-(\lambda t_0)}]^n = [e^{-(\lambda t_0)}]^{\frac{T}{t_0}} = e^{-\lambda T}, \qquad (2)$$

t_0 fiind intervalul între două acţiuni de mentenanţă succesive.

Se observă că probabilitatea a rămas aceeaşi.

În cazul însă în care un element sau dispozitiv prezintă o creştere în timp a intensităţii sale de avariere, atunci acţiunile de mentenanţă preventivă sînt necesare cu scopul păstrării, de-a lungul vieţii utile, a unui nivel de siguranţă justificat. Eficienţa acestor acţiuni este cu atît mai mare cu cît, prin ele, intensitatea de avarie este readusă mai aproape, de dorit chiar la intensitatea de avariere minimă (iniţială) λ_0 (fig. 2).

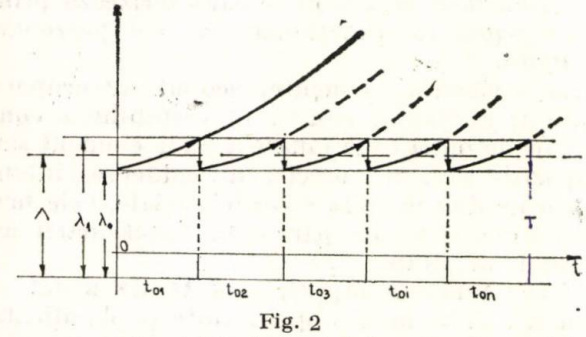


Fig. 2

t_{01}, t_{02}, t_{03} — duratele între două acţiuni de mentenanţă preventivă.

*) Prin $\lambda = \text{constant}$ se înţelege valoarea constantă a intensităţii de avarie care se realizează pe o durată de timp din durata de viaţă a elementului, cuprinsă între momentul la care se termină perioada de copilărie (rodaj) şi momentul apariţiei fenomenului de îmbătrînire (de uzură).

Este cunoscută relaţia generală pentru funcţia de siguranţă :

$$R(T) = e^{-\int_0^T \lambda(t)\,dt} \qquad (3)$$

În acest caz, pe intervalul $[0, T]$ influenţa mentenanţei în mod analog cu (2) este :

$$[e^{-\int_0^{t_0} \lambda(t)\,dt}]^{\frac{T}{t_0}} = e^{-\frac{T}{t_0}\int_0^{t_0} \lambda(t)\,dt} \neq e^{-\int_0^{t_0} \lambda(t)\,dt} = RT \qquad (4)$$

Rezultă deci că atunci cînd λ nu este constant, funcţia de siguranţă pe intervalul $[0, T]$ prezintă valori diferite pentru cazul în care se face sau nu mentenanţă corectivă. Această funcţie va lua valori mai mari în cazul mentenanţei corective dacă $\lambda(t)$ este crescătoare. $R(T)$ din relaţia (4) are semnificaţia unei funcţii de siguranţă, în sensul că, pe durata $[0, T]$ cu probabilitatea respectivă, nu se vor produce întreruperi în funcţionare prin defectare.

Se vede din figura 2 că, în acest caz, pe durata de timp $t > t_0$ se poate lua în considerare o valoare medie constantă de avarie, Λ, pentru calculul unui anumit tip de indicatori de siguranţă.

Pentru determinarea lui Λ, din (4) rezultă :

$$-\frac{T}{t_0}\int_0^{t_0} \lambda_0(t)\,dt = \ln R(T)$$

Se consideră că $R(T)$ este o funcţie de distribuţie exponenţială scoasă pentru intervalul $[0, T]$ şi de parametru constant Λ, deci :

$$-\frac{T}{t_0}\int_0^{t_0} \lambda_0(t)\,dt = -\Lambda T$$

sau

$$\Lambda = \frac{1}{t_0}\int_0^{t_0} \lambda_0(t)\,dt \qquad (5)$$

Relaţia (5) este relaţia matematică cu care se poate determina valoarea intensităţii de avarii virtuale, constante cu care elementul funcţionează pe intervalul $[0, T]$ în condiţia în care se efectuează o acţiune de mentenanţă preventiv la perioade egale cu t_0 şi cu aceste ocazii elementul este readus de fiecare dată la valoarea iniţială pentru λ, adică la λ_0 (fig. 2).

Cu cît durata $[0, T]$ este mai mare în raport cu t_0 şi cu cît diferenţa între λ_0 şi λ_1 este mai mică, cu atît se asigură condiţii mai favorabile pentru considerarea în calcule de un anumit tip (şi anume acelea pentru determinarea indicatorilor de la punctele d, e, f, g) a unei inten-

sități de avariere constante Λ. În orice caz însă, acest interval trebuie să fie mai mare decît t_0.

Se poate conchide deci că determinarea tuturor indicatorilor de siguranță menționați la punctele d, e, f, g se poate face, în marea majoritate a cazurilor, cu utilizarea repartiției exponențiale pentru duratele de funcționare, deoarece în energetică condițiile mai sus amintite sînt practic realizate în toate cazurile.

3. Intervale optime de mentenanță

O a doua problemă care se pune în legătură cu aspectele pînă acum analizate este aceea a determinării intervalelor optime t_x între două acțiuni succesive de mentenanță preventivă.

Bineînțeles că această problemă se încadrează în categoria problemelor de optimizări tehnico-economice clasice, în cadrul cărora se compară fie eficiența mentenanței în raport cu micșorarea consecințelor întreruperilor în funcționare prin micșorarea numărului acestora într-un interval $[0, T]$, fie riscul de defectare $[r = 1 - R(t, t + \Delta t)]$ într-un interval $[t, t + \Delta t]$.

Într-adevăr, acest risc nu rămîne constant de-a lungul unui interval t_0 între două acțiuni de mentenanță corectivă, deoarece el este determinat de relația :

$$r = 1 - e^{-\int_{t}^{t+\Delta t} \lambda(t)\,dt} \qquad (6)$$

în care $\int_{t}^{t+\Delta t} \lambda(t)dt = S$ reprezintă suprafața hașurată din figura 3, care este evident cu atît mai mare cu cît t este mai mare și deci și riscul crește cu t (conf. relației 6).

Există deci situația în care durata t_{0x} între două acțiuni de mentenanță preventivă este determinată din asemenea considerente.

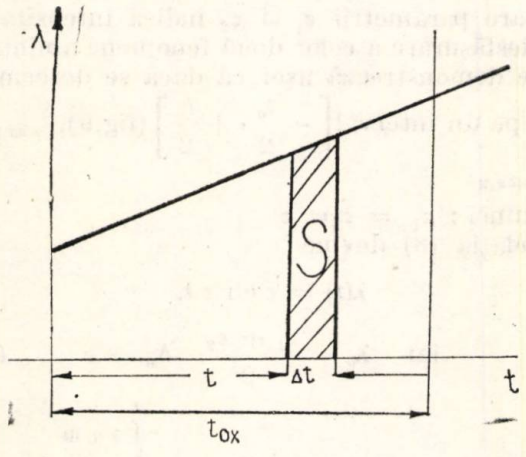


Fig. 3

Ele pot lua naștere de exemplu în unele situații de prognozare a siguranței pe termen scurt, în funcționarea blocurilor energetice

Pentru optimizarea intervalelor t_x se pot ivi două situații distincte, și anume :

a) legea de variație a intensității de avarie $[\lambda(t)]$ este cunoscută, pe baza unor încercări făcute asupra dispozitivului în fabrică sau pe baza unor observații statistice corespunzătoare efectuate asupra unei mulțimi de dispozitive asemănătoare în exploatare.

b) legea de variație $[\lambda(t)]$ nu este cunoscută.

În primul caz, cunoscîndu-se valoarea pentru Λ_x care este necesară, împreună sau economic justificată (prin intermediul daunelor produse la întreruperi în funcționare), t_x se determină din relația (5), sau, în cazul în care nu se dorește depășirea unui anumit risc de defectare într-un anumit interval de timp Δt, din relația (6).

În al doilea caz (cazul b), situația se complică oarecum; însă, cu toate acestea, pot fi găsite căi de aproximare în condiții satisfăcătoare a intervalului t_x, fiind însă necesară cel puțin cunoașterea numărului mediu de defecte ale dispozitivelor în cauză într-un interval de timp semnificativ din punct de vedere statistic, precum și duratele t_0 între două intervenții de mentenanță preventivă, în condițiile căreia acel număr mediu de defecte a fost observat.

Și în acest caz, oricare ar fi legea de variație $\lambda(t)$, în conformitate cu relația (5) trebuie ca :

$$\Lambda\, t_0 = \int_{0}^{T} \lambda_0(t)\,dt, \qquad (7)$$

în care λ_0 este valoarea minimă posibilă a intensității de avarie a elementului, și care se produce periodic fie în momentul imediat următor unei intervenții de mentenanță preventivă, după care intensitatea de avarie este readusă totdeauna la această valoare minimă (fig. 4), fie într-un alt moment pe durata intervalului $[0, t_0]$ (fig. 5).

În primul caz (fig. 4), evoluția intensității de avarie în intervalul $[0, T]$ are aspectul din figura 2, iar în al doilea caz, așa cum este arătat în figura 6.

Hotărîrea privind alegerea uneia sau alteia dintre cele două tipuri de restabilire a fiabilității depinde de modul în care se desfășoară mentenanța preventivă.

Astfel, de exemplu, în cazul în care, după anumite perioade t_0, elementul, avînd (prin uzură sau îmbătrînire) intensitatea de avariere în creștere (fig. 4), și indiferent dacă această creștere este liniară sau nu, sau dacă începe cu $\lambda_0 \neq 0$ sau $\lambda_0 = 0$, se *înlocuiește* cu un alt element, nou, atunci, după o asemenea acțiune de mentenanță, este caracteristică varia-

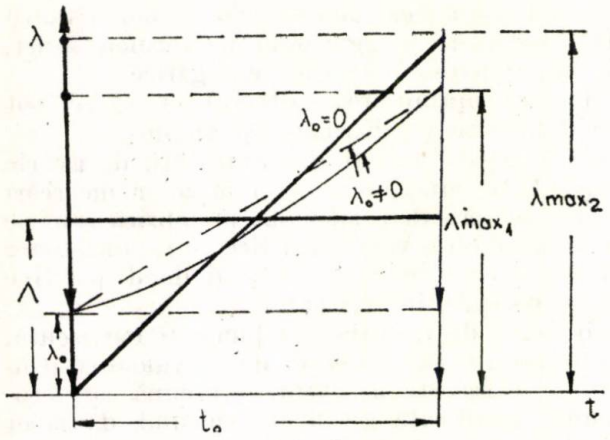


Fig. 4

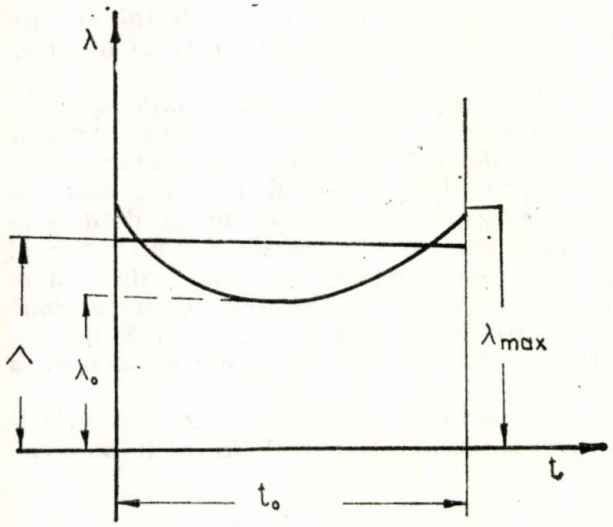


Fig. 5

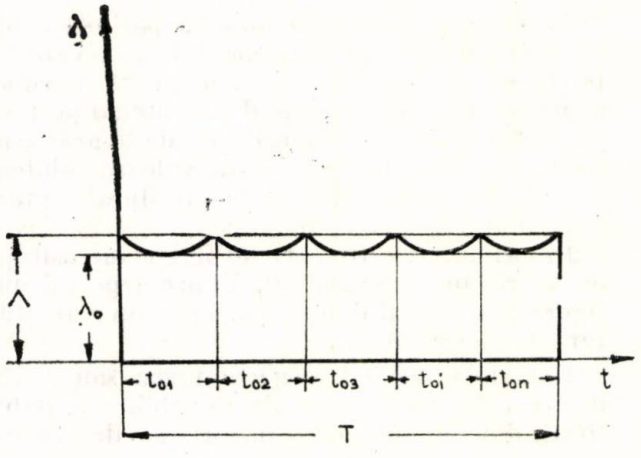


Fig. 6

ția intensității de avariere $\lambda_{max\,1}$ (respectiv λ_{max2}) pînă la zero sau la valoarea minimă, λ_0 (fig. 2, 4).

Dacă, în schimb, acțiunea de mentenanță preventivă se execută asupra unui dispozitiv mai complex, cu demontări și remontări de piese și subansambluri, cu recondiționări sau reparații, atunci este mai probabilă o desfășurare a fenomenelor în conformitate cu figurile 5 și 6. Într-adevăr, după asemenea acțiuni mai cuprinzătoare, se reproduce de fapt, la dispozitive complicate, variația $\lambda(t)$ cunoscută sub denumirea „cada de baie" (fig. 7), cu particularitatea că acest tip de evoluție a intensității de avarie se reproduce în fiecare perioadă de timp între două acțiuni de mentenanță preventivă t_0.

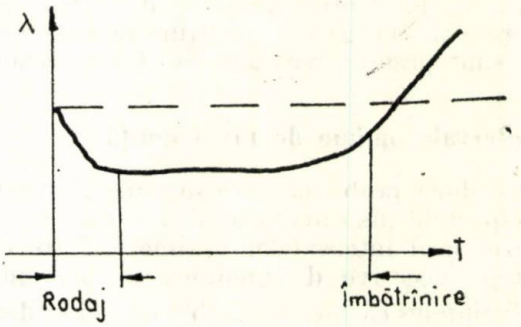


Fig. 7

Explicația constă în aceea că, în urma unei asemenea intervenții, urmează de fapt o perioadă de rodaj, urmată de o perioadă de stabilizare a intensității de avarie și apoi din nou creșterea acesteia, în funcție de viteza de uzură sau îmbătrînire.

Într-o lucrare anterioară [1] s-a prezentat o cale de modelare a unor astfel de variații ale lui $\lambda(t)$. Ea constă din:

Variația de tipul celei arătate în figura 7 este rezultatul însumării a două tipuri distincte de desfășurări ale unor fenomene cu variație exponențială, și anume:

— un fenomen care se manifestă prin dispariția în timp a unor cauze provocatoare de defecte (curba $e^{-\varepsilon_1 t}$, fig. 8).

Curba-sumă va fi deci:

$$\lambda(t) = \frac{1}{2}[\varepsilon_1 e^{-\varepsilon_1 t} + \varepsilon_2 e^{+\varepsilon_2 t}] \qquad (8)$$

în care parametrii ε_1 și ε_2 indică intensitatea de desfășurare a celor două fenomene amintite.

Se demonstrează ușor că dacă se determină $\lambda(t)$ pe un interval $\left[-\frac{t_0}{2}, +\frac{t_0}{2}\right]$ (fig. 9), $\lambda_{max.1} = \lambda_{max.2}$

atunci: $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon$

și relația (8) devine:

$$\lambda(t) = \varepsilon \operatorname{ch} \varepsilon t,$$

$$\text{iar} \quad \lambda_0 = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{2} \quad \Lambda_0 = \varepsilon \qquad (10)$$

Funcția de siguranță $R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t)\,dt}$ este în

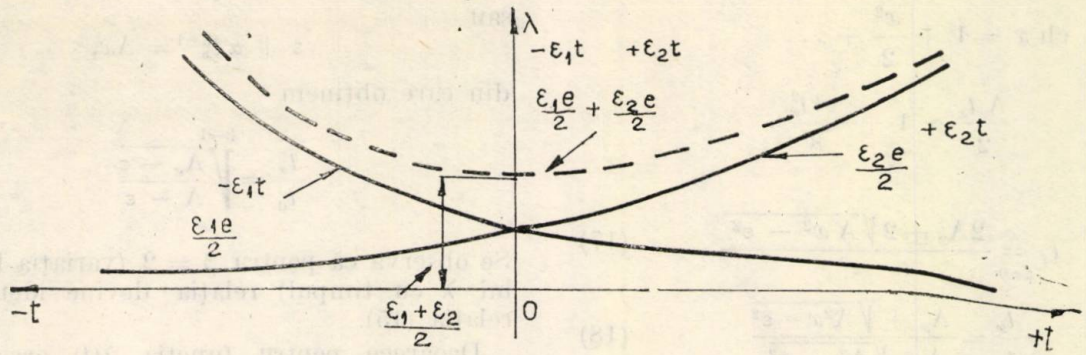


Fig. 8

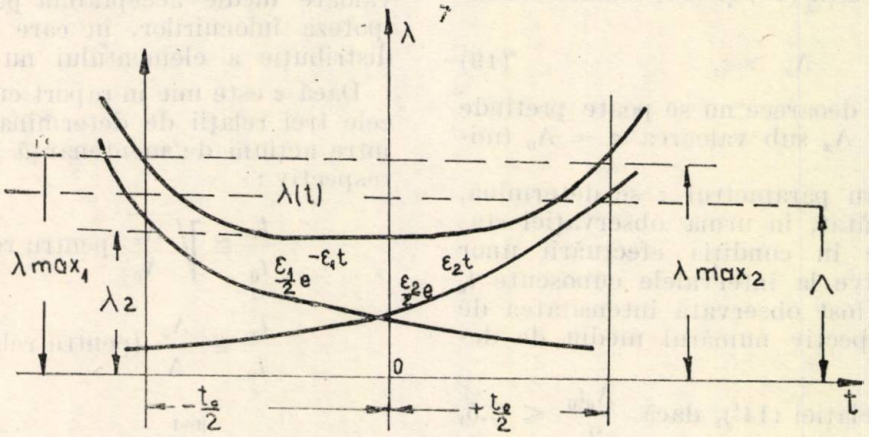


Fig. 9

acest caz :

$$R(t) = e^{-\operatorname{sh}\varepsilon t} \tag{11}$$

Dacă se notează Λ_0 intensitatea de avariere echivalentă pe durata T (vezi relaţia 5), atunci

$$n_{obs} = \Lambda_0 t_0 = \int_{-\frac{t_0}{2}}^{+\frac{t_0}{2}} \lambda(t)\,dt = 2 \operatorname{sh} \frac{\varepsilon t_0}{2} \tag{12}$$

Valorile lui Λ_0 şi t_0 fiind cunoscute, şi anume Λ_0 din observaţia numărului de defecte în condiţia efectuării unei mentenanţe preventive la intervale t_0, adică

$$\Lambda_0 = \frac{n_{obs}}{T_{obs}} \tag{13}$$

n_{obs}, T_{obs} — numărul mediu de defecte observate şi perioada respectivă de observaţie,

putem determina parametrul ε al curbei $\lambda(t)$.

Dacă se doreşte obţinerea unei noi valori pentru Λ, de exemplu o valoare Λ_x, atunci :

$$\Lambda_x t_x = 2 \operatorname{sh} \frac{\varepsilon t_x}{2} \tag{14}$$

Dacă în baza experienţei anterioare putem aprecia că $\Lambda_x t_x \leqslant 2{,}5$, atunci, cu o eroare de max. 10%, putem considera că

$$\operatorname{sh} \frac{\varepsilon t_x}{2} = \frac{\varepsilon t_x}{2} + \frac{\varepsilon^3 t_x^3}{48}$$

deci

$$\frac{\Lambda_x t_x}{2} = \frac{\varepsilon t_x}{2} + \frac{\varepsilon^3 t_x^3}{48},$$

din care se obţine :

$$t_x \simeq \frac{\sqrt{24}}{\varepsilon} \sqrt{\frac{\Lambda_x}{\varepsilon} - 1} \tag{14'}$$

în general

$$\frac{t_x}{t_0} = \sqrt{\frac{\Lambda_x - \varepsilon}{\Lambda_0 - \varepsilon}} \tag{15}$$

t_x va fi durata nouă între două acţiuni de mentenanţă preventivă pentru a obţine o nouă valoare pentru Λ_x.

Pentru $\Lambda_x < \Lambda$ va rezulta în mod evident :

$$t_x < t_0$$

În cazul în care $\frac{\Lambda_x t_x}{2} > 2{,}5$,

atunci

$$2 \operatorname{sh} \frac{\varepsilon t_x}{2} \sim 2 \operatorname{ch} \frac{\varepsilon t_x}{2} \simeq 1 + \frac{\varepsilon^2 t_x^2}{8} \tag{16}$$

deoarece $\operatorname{ch} x = 1 + \frac{x^2}{2} + \ldots$

$$\frac{\Lambda_x t_x}{2} \simeq 1 + \frac{\varepsilon^2 t_x^2}{8},$$

din care

$$t_x \underset{\varepsilon \neq 0}{=} \frac{2\Lambda_x \pm 2\sqrt{\Lambda x^2 - \varepsilon^2}}{\varepsilon^2} \qquad (17)$$

$$\frac{t_x}{t_0} = \frac{\Lambda_x \pm \sqrt{\Lambda^2 x - \varepsilon^2}}{\Lambda \pm \sqrt{\Lambda^2 - \varepsilon^2}} \qquad (18)$$

Din ambele relații (15) și (18) rezultă condiția :

$$\Lambda_x > \varepsilon, \qquad (19)$$

care este logică, deoarece nu se poate pretinde scăderea valorii Λ_x sub valoarea $\varepsilon = \Lambda_0$ (minimă posibilă).

Valorile pentru parametrul ε se determină, așa cum s-a arătat, în urma observației statistice realizate în condiția efectuării unor acțiuni preventive la intervalele cunoscute t_0 (pentru care a fost observată intensitatea de avariere Λ, respectiv numărul mediu de defecte $n = \Lambda t_0$).

Cu ajutorul relației (14'), dacă $\frac{\Lambda_0 t_0}{2} \leqslant 2{,}5$, respectiv din relația în care $\Lambda = \Lambda_0 = \frac{n}{t_0}$, sau cu ajutorul relației (16), dacă $\frac{\Lambda_0 t_0}{2} > 2{,}5$, punînd în ambele cazuri

$$\Lambda_x = \Lambda_0 \text{ și } t_x = t_0$$

Pentru cazul în care restabilirea calității dispozitivului (elementului) după o acțiune de mentenanță preventivă se realizează cum este prezentat în figura 4 (prin înlocuire), relații de calcul asemănător pentru t_x se pot obține în ambele cazuri făcînd presupunerea că, în cazul în care există o valoare $\Lambda_0 \neq 0$, elementul este compus din două elemente, dintre care unul are duratele de funcționare distribuite exponențial ($e^{-\lambda_0 t} = e^{-\varepsilon_0 t}$) și unul în serie cu acesta cu distribuția Weibull a acestor durate ($e^{-\alpha t^\beta}$).

Atunci funcția de siguranță echivalentă a elementului este :

$$R(t) = e^{-\varepsilon_0 t} \cdot e^{-\alpha t^\beta} \cdot e^{-(\varepsilon_0 t + \alpha t^\beta)} \qquad (21)$$

$$[(\lambda(t) = \varepsilon + \alpha\, \beta\, t^{\beta-1} = (17)]$$

Ca și în celălalt caz, putem considera

$$\int_0^{t_x} \lambda(t)\, dt = \varepsilon\, t_x + \alpha\, t_x^\beta = \Lambda_x t_x$$

sau

$$\varepsilon + \alpha\, t_x^{\beta-1} = \Lambda x,$$

din care obținem

$$\frac{t_x}{t_0} = \sqrt[\beta-1]{\frac{\Lambda_x - \varepsilon}{\Lambda - \varepsilon}} \qquad (22)$$

Se observă că pentru $\beta = 2$ (variația liniară a lui λ cu timpul) relația devine identică cu relația (15).

Deoarece pentru funcția $\lambda(t)$ crescătoare, $1 < \beta \leqslant 3$, se poate considera $\beta = 2$ ca o valoare medie acceptabilă pentru calcule în ipoteza înlocuirilor, în care funcția reală de distribuție a elementului nu este cunoscută.

Dacă ε este mic în raport cu Λ_x și Λ, atunci cele trei relații de determinare a intervalelor între acțiuni de mentenanță preventivă devin respectiv :

$$\frac{t_x}{t_0} \cong \sqrt{\frac{\Lambda_x}{\Lambda_0}} \text{ (pentru relația 15)} \qquad (23)$$

$$\frac{t_x}{t_0} \cong \frac{\Lambda_x}{\Lambda} \text{ (pentru relația 18) și} \qquad (24)$$

$$\frac{t_x}{t_0} = \sqrt[\beta-1]{\frac{\Lambda_x}{\Lambda}} \text{ (pentru relația 22)} \qquad (25)$$

pentru $\beta = 2 : \frac{t_x}{t_0} = \frac{\Lambda_x}{\Lambda}$, deci ca și în cazul precedent (relația 24) și $\frac{t_x}{t_0} = \sqrt{\frac{\Lambda_x}{\Lambda}}$ pentru $\beta = 3$ (identici cu relația 29).

Concluzii

Din cele prezentate rezultă :

— În cazul echipamentelor reparabile se poate admite funcția exponențială pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate pe perioadă relativ lungă de timp, indiferent de legea de repartiție, dacă :

a) se presupune că în urma acțiunilor de mentenanță preventivă se obține o revenire la valoarea inițială λ_0 a intensității de avariere $\lambda(t)$;

b) durata de calcul a indicatorilor trebuie să fie un multiplu al perioadei de mentenanță.

— Durata optimă dintre două acțiuni de mentenanță se poate stabili în funcție de valoarea parametrului funcției exponențiale impuse.

— Utilizînd noua funcție propusă, se poate optimiza perioada de mentenanță modelîndu-se toate cele trei perioade caracteristice

prin această funcţie (rodaj, funcţionare stabilizată, uzură).

— Se observă că, în condiţii de mentenanţă, valoarea constantă Λ impusă începe să crească în timp atunci cînd fenomenele de uzură sau îmbătrînire sînt ireversibile.

Bibliografie

[1] Nitu, V. I., Stein, M. şi Ionescu, C. *Ageing of equipment as resulted from reliability computations.* În: Bul. ISPE, Bucureşti, nr. 1—2, 1974.

(Articol intrat în redacţie la 8 mai 1980)

Asupra posibilităţilor de determinare a ponderii maxime de putere deformantă în sarcina totală a unei staţii de transformare

dr. ing. **Gh. Cirţină**,
dr. ing. **D. Ivas**
şi ing. **E. Bîrlădeanu** *)

1. Consideraţii generale

Numărul şi ponderea consumatorilor de energie electrică care produc fenomene deformante în reţelele sistemului electroenergetic au crescut foarte mult în ultima vreme. Din rîndul acestora se pot cita: redresoarele de putere, cuptoarele cu arc, transformatoarele cu puteri importante, aparatele de sudură, lămpile fluorescente etc. Instalaţiile electrice respective permit, pe de altă parte, obţinerea unor performanţe maxime într-un şir întreg de tehnologii industriale moderne: acţionări electrice pentru laminare, electrochimie, electrometalurgie, transport în comun. La acestea se vor adăuga în viitor şi alte utilizări importante.

Fenomenele deformante produse de aceşti consumatori se resimt la toate nivelurile de tensiune, de la reţelele de distribuţie industrială, pînă la sistemul de transport de 220 kV şi 400 kV. Prin circulaţia curenţilor armonici, al căror spectru este cuprins între 50 şi 1250 Hz, în reţelele respective, dacă nu se iau măsuri adecvate, sînt afectate calitatea energiei electrice, randamentul instalaţiilor electrice şi însăşi siguranţa în funcţionare a echipamentului electroenergetic.

Nivelul admisibil al armonicilor de curent şi tensiune este în general limitat, în diferite ţări, prin normative. Considerentele de ordin tehnic se referă la prevenirea avariilor bateriilor de condensatoare şi a altor aparate ca urmare a apariţiei rezonanţei pe armonici superioare, asigurarea bunei funcţionări a protecţiei prin relee, a dispozitivelor de măsură a sistemelor automate etc. Considerentele economice se referă la faptul că prin existenţa armonicilor apar pierderi suplimentare de energie, se reduce durata de funcţionare a izolaţiei maşinilor electrice, transformatoarelor, bateriilor de condensatoare, cablurilor de forţă etc.

Armonicile de curent produse de sursele deformante sînt injectate în reţeaua de alimentare provocînd armonici de tensiune, care, la rîndul lor, influenţează toate receptoarele conectate la reţeaua respectivă. Deci solicitarea suplimentară a aparatelor şi instalaţiilor conectate la reţea se face prin armonici de tensiune şi este cu atît mai mare cu cît coeficientul de distorsiune al tensiunii are valori mai importante. Numărul tot mai mare de receptoare deformante face imposibilă alimentarea lor prin staţii de transformare proprii, şi în acest sens este foarte util să se determine ce putere de redresare poate fi instalată într-o reţea dată (existentă sau în fază de proiectare) sau ce măsuri de compensare trebuie luate în diferite situaţii. Coeficientul de distorsiune a tensiunii este dat de relaţia:

$$k_{d_u} = \sqrt{\frac{\sum_{\nu=2}^{\nu=\infty} U_\nu^2}{\sum_{\nu=1}^{\nu=\infty} U_\nu^2}} \qquad (1)$$

Articolul de faţă studiază influenţa parametrilor reţelei (putere de scurtcircuit, puterea transformatoarelor, puterea consumatorilor şi cea de redresare) asupra coeficientului de distorsiune a tensiunii, permiţînd deducerea unora dintre aceşti parametri, cînd ceilalţi sînt daţi, astfel încît să fie satisfăcute condiţiile ca valoarea impusă de norme sau de alţi consumatori racordaţi la acelaşi punct pentru K_{d_u} să nu fie depăşită.

2. Calculul regimului deformant şi al instalaţiilor de compensare a acestuia

Cînd t.e.m. ale reţelei sînt sinusoidale şi comanda redresoarelor este simetrică, pe partea de c.a. se produc armonicile:

$$\nu = kp \pm 1, \qquad (k = 1, 2, \ldots) \qquad (2)$$

a căror valoare efectivă este dată, pentru redresoarele necomandate, de relaţia [1]:

$$I_\nu = \frac{I_1}{\nu}\,\eta \qquad (3)$$

*) Autorii lucrează la Institutul politehnic Iaşi.

În relațiile de mai sus, p este numărul de pulsuri, I_1 — valoarea efectivă a fundamentalei, iar η — un coeficient care ține seama de unghiul de aprindere. Prin raportarea armonicii la fundamentală, și nu la valoarea efectivă a semnalului deformat, se introduce o eroare de circa 2% [2].

Considerînd pentru transformatorul redresorului sistemul de conexiune Δ/Y, curentul de linie în primarul transformatorului are forma :

$$i_L = \frac{\sqrt{2}\sqrt{3}}{\pi} I_{di}\left[\sin \omega t + \frac{1}{5}\sin 5\omega t + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{7}\sin 7\omega t + \frac{1}{11}\sin 11\omega t + \frac{1}{13}\sin 13\omega t + \ldots\right], \quad (4)$$

în care I_{di} este curentul continuu ideal redresat.

Dacă considerăm conectate la bara MT a unei stații IT/MT (fig. 1) un număr n identic de instalații de redresare, avînd pe partea continuă $U_{di} = 1000$ V, $I_{di} = 476{,}19$ A, în tabelul 1 sînt date armonicile de curent de ordin 5, 7, 11 și 13, în funcție de parametrul n.

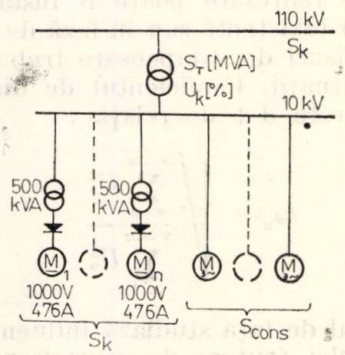


Fig. 1. Rețea MT avînd consumatori deformanți și nedeformanți.

Pentru proiectarea filtrelor s-a considerat că acestea sînt montate pe bara de 10 kV și corespund situației $n = 24$:

$I_1 = 514{,}8$ A
$I_5 = 102{,}96$ A
$I_7 = 73{,}32$ A
$I_{11} = 46{,}2$ A
$I_{13} = 39{,}6$ A

Cu aceste date se determină mai întîi puterile reactive admisibile ale bateriilor de condensatoare ale filtrelor [2] :

$$Q_{cv} = 1{,}3\sqrt{3}\, U_{nc} I_{vc}, \quad (5)$$

$Q_{c5} = 2316$ kVar, $Q_{c7} = 1649$ kVar, $Q_{c11} = 1039$ kVar, $Q_{c13} = 891$ kVar

Din tabelele date în [2] se aleg valorile :

$Q_{c5} = 2400$ kVar, $I_{L5} = 300$ A, $X_{L5} = 11{,}8\%$,
$Q_{c7} = 1920$ kVar, $I_{L7} = 300$ A, $X_{L7} = 7{,}2\%$,
$Q_{c11} = 1200$ kVar, $I_{L11} = 700$ A, $X_{L11} = 10{,}9\%$,
$Q_{c13} = 1200$ kVar, $I_{L13} = 600$ A, $X_{L13} = 6{,}7\%$,

$Q_{cf5} = 1992$ kVar
$Q_{cf7} = 1516{,}8$ kVar
$Q_{cf11} = 924$ kVar
$Q_{cf13} = 1020$ kVar

În cele de mai sus, I_{Lv} este curentul nominal al bobinei filtrului, iar X_{Lv} — reactanța acesteia. Prin Q_{cfv} s-a notat puterea reactivă cedată de filtru pe fundamentală.

În cazul de față rezultă o putere reactivă totală cedată de filtru pe fundamentală de 5452 kVar, iar puterea totală instalată a condensatoarelor filtrelor este de 6720 kVar. Se consideră că bobinele filtrelor au inductanță reglabilă.

3. Influența parametrilor rețelei asupra lui Ka_u

a) *Cazul în care pe bara MT nu mai sînt și alți consumatori*

Coeficientul de distorsiune al tensiunii depinde, în acest caz, de puterea de scurtcircuit a nodului de 110 kV (S_k), de puterea transformatorului (S_T) și de puterea de redresare (S_r).

Figura 2 pune în evidență faptul că armonicile influențează puțin rețeaua de IT din punctul de vedere al valorii coeficientului Ka_u. Pentru valorile uzuale ale puterilor de scurtcircuit ale nodurilor de 110 kV, Ka_u depășește unitatea doar pentru valori foarte mari ale puterii redresate ($S_r = 1{,}6\%$, $S_k = 16\,000$ kVa).

Figurile 3 și 4, pentru un Ka_u impus (de exemplu 5%), permit să se determine puterea minimă a transformatorului stației coborîtoare (IT/MT), respectiv puterea maximă redresată,

Tabelul 1

n	4	8	12	16	20	24	28	32
S_T(kVA)	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000
I_1(A)	85,8	171,6	257,4	343,2	429	514,6	600,6	686,4
I_5(A)	17,6	34,32	51,48	68,64	85,8	102,96	120	137,28
I_7(A)	12,22	24,44	36,66	48,88	61,1	73,32	85,54	97,76
I_{11}(A)	7,70	15,4	23,10	30,8	38,5	46,2	53,9	61,6
I_{13}(A)	6,6	13,2	19,8	26,4	33	39,6	46,8	52,8

dacă se cunoaște puterea consumatorilor deformanți, respectiv puterea transformatorului stației.

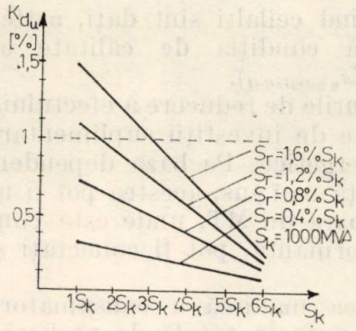


Fig. 2. Dependența lui K_{d_u} de puterea de scurtcircuit, S_k, a nodului.

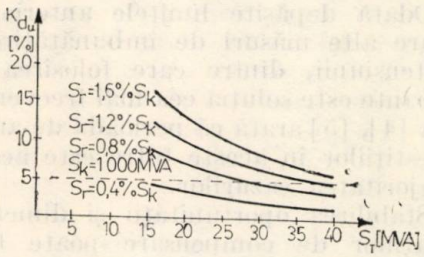


Fig. 3. Influența puterii transformatorului asupra lui K_{d_u}.

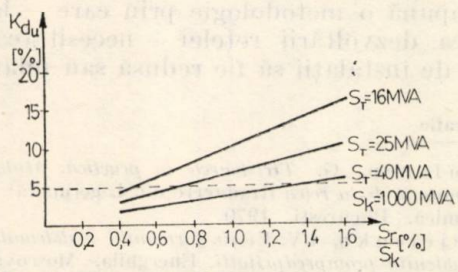


Fig. 4. Influența puterii de redresare asupra lui K_{d_u}.

Pentru trasarea curbelor respective s-au considerat tensiunile de scurtcifcuit $U_k = 11\%$ pentru $S_T = 16$ MVA și $S_T = 25$ MVA și $U_k = 12\%$ pentru $S_T = 40$ MVA.

b) *Cazul în care consumatorii nedeformanți de pe bara MT au factorul de putere egal cu cel neutral*

Considerînd conectat la barele de 10 kV un consumator cu o putere S_{cons}, curenții armonici se vor ramifica între sistem și consumatorul respectiv, în funcție de impedanțele corespunzătoare. Presupunem că nu sînt instalate filtre și că consumatorul nu este deranjat prea mult de curenții armonici.

Cu cît S_{cons} va crește, cu atît $\frac{I_{vsist}}{I_v}$ va scădea mai mult.

Se vede din figura 5 că K_{d_u} se va modifica cu atît mai mult cu cît puterea consumatorului suplimentar conectat pe bare și puterea de redresare sînt mai mari. Rezultă că aceste variații sînt importante doar pentru transformatoare mari în stația coborîtoare.

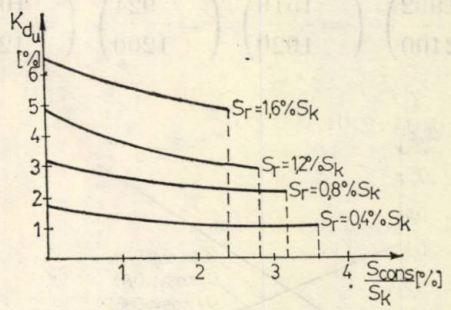


Fig. 5. Influența lui S_{cons} asupra lui K_{d_u} ($S_T = 40$ MVA).

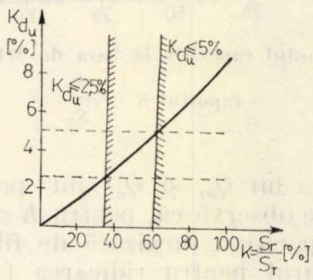


Fig. 6. Dependența lui K_{d_u} de $\left(\frac{S_r}{S_T}\right)$.

Pentru evidențierea ponderii maxime pe care consumatorii deformanți pot să o aibă în sarcina stațiilor coborîtoare de 110/MT, în figura 6 se prezintă influența coeficientului $K = \frac{S_{redresare}}{S_T}$ [%] asupra coeficientului de distorsiune. Dacă se impune $K_{d_u} = 2{,}5\%$, ponderea respectivă poate fi de circa 35%, iar dacă $K_{d_u} \leqslant 5\%$ ponderea poate atinge 60%.

c) *Cazul în care consumatorii racordați la bara de MT au un factor de putere scăzut*

Cazul acesta este cel mai interesant din punct de vedere practic, deoarece este cel mai frecvent. În această situație se pune și problema compensării simultane a factorului de putere pentru bara de MT. Puterea reactivă necesară în acest caz, pentru a trece de la $\cos \varphi_1$ la $\cos \varphi_2 = 0{,}92$, este dată de relația :

$$Q_c = S\ (\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)$$

Pentru a studia raportul dintre puterea capacitivă cedată de filtru, Q_{cf}, și cea necesară pentru compensarea consumatorilor, Q_c, se analizează expresiile :

$$Q_{cf} = 1{,}3 \sqrt{3}\, U I_1 \left[\frac{1}{5}\xi_5 + \frac{1}{7}\xi_7 + \frac{1}{11}\xi_{11} + \frac{1}{13}\xi_{13}\right]$$

și $Q_c = S_T(1 - k)\ (\sin \varphi_1 - \sin \varphi_2)$,

unde [2]:

$$\xi_5 = 0{,}83 \quad \xi_7 = 0{,}79 \quad \xi_{11} = 0{,}77 \quad \xi_{13} = 0{,}85$$

$$\left(=\frac{1992}{2400}\right) \left(=\frac{1516}{1920}\right) \left(=\frac{924}{1200}\right) \left(=\frac{1020}{1200}\right)$$

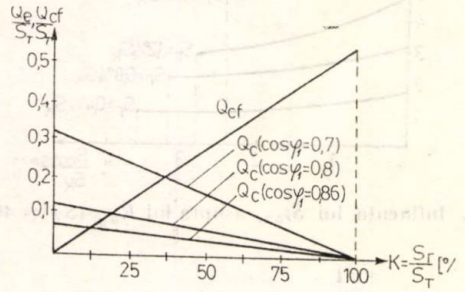


Fig. 7. Bilanțul capacitiv la bara de MT în funcție de raportul $K = \frac{S_r}{S_T}$

Expresiile lui Q_{cf} și Q_c sînt prezentate în figura 7. Se observă că, pentru $K \leqslant 25 - 35\%$, puterea capacitivă furnizată de filtre nu acoperă necesarul pentru ridicarea factorului de putere al barei de MT la nivelul neutral. În caz contrar, $K > 25 - 35\%$, puterea capacitivă furnizată de filtre prisosește compensării consumatorilor de pe bară. Din punctul de vedere al investițiilor în filtre, este preferabil un factor de putere inițial cît mai mare pentru ca filtrele să nu înglobeze puterea necesară pentru compensarea reactivă, ci în special pentru compensarea regimului deformant.

În toate calculele de mai sus s-a acceptat că suma geometrică a armonicilor este egală cu cea aritmetică. În realitate, valorile astfel calculate depășesc pe cele din practică [3], [4]. Reducerea este cel puțin de 6%, dar poate să atingă și 55%. O cifră exactă este greu de apreciat, în lipsa măsurătorilor. Explicația diferenței constă în faptul că prin însumare o parte din armonici se compensează reciproc.

Valorile calculate anterior sînt deci acoperitoare.

Concluzii

1. Pe baza celor arătate în articolul de față se poate determina unul dintre parametrii rețelei, cînd ceilalți sînt dați, astfel ca să fie respectată condiția de calitate a tensiunii ($Kd_u \leqslant Kd_{u\ admisibil}$).

2. Măsurile de reducere a efectului deformant sînt legate de investiții suplimentare în instalațiile energetice. Pe baza dependențelor puse în evidență mai sus, acestea pot fi minimizate.

3. Pe bara de MT, unde este conectată puterea deformantă, pot fi conectați și alți consumatori.

Ponderea maximă a consumatorilor deformanți în puterea totală de pe bară este limitată de condițiile de calitate a tensiunii, în funcție de ceilalți parametri ai rețelei, la valori cuprinse între 20 și 60%.

4. Odată depășite limitele anterioare, sînt necesare alte măsuri de îmbunătățire a calității tensiunii, dintre care folosirea filtrelor absorbante este soluția cea mai frecventă. Literatura [4], [5] arată că perioada de amortizare a investițiilor în aceste filtre este acceptabilă în majoritatea cazurilor.

5. Stabilirea oportunității și dimensionarea instalațiilor de compensare poate fi făcută numai după măsurători directe ale armonicilor pe bara respectivă. Lucrarea de față încearcă să propună o metodologie prin care — la conceperea dezvoltării rețelei — necesitatea unor astfel de instalații să fie redusă sau înlăturată.

Bibliografie

[1] Möltgen, G. *Tiristoarele în practică. Mutatoare cu comutație de la rețea* (traducere din l. germană). Editura tehnică, București, 1970.

[2] Jejelenko, I.V. *Vissie garmoniki v sistemah elektrosnabjeniia promprednriiatii*. Energhiia, Moscova, 1977.

[3] Albert, H. ș.a. *Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor industriale*. Editura tehnică, București, 1978.

[4] Schmidt, H. *Netzrückwirkungen in einem Industrienetz mit einem hohen Anteil an Stromrichterleistung*. În: ETZ—A, 1975, p. 341—345.

[5] Pfeiler, V. și Bernet, D. *Ökonomische Probleme beim Einsatz von Saugkreisanlagen*. În: Elektrie, 32, nr. 3, 1978, p. 128—130.

(Articol intrat în redacție la 22 ianuarie 1980)

Programul de cercetare-proiectare de sisteme informatice pentru analiza și urmărirea mersului economic al centralelor termoelectrice*)

ing. **Alexandru Emanoil**
ing. **Dan Goliciu**
ing. **Sanda Felea**
ing. **Margareta Pascu**
matem. **Zachie Frățilă**
matem. **Ștefana Constantin**
– ICEMENERG –

ing. **Emil Luca**
ing. **Ada Mileulescu**
– CIPEET –

1. Considerații generale

Urmărirea funcționării economice a principalelor centrale termoelectrice (din cadrul SEN) capătă, în condițiile noilor orientări de gospodărire și utilizare eficientă a resurselor energetice primare, o importanță sporită, datorită posibilităților pe care le oferă, de detectare, localizare și evaluare a pierderilor și, eventual, de îmbunătățire a randamentelor. Obținerea acestor efecte este condiționată de operativitatea cu care pot fi obținute informațiile sintetice necesare, cunoscîndu-se faptul că sînt implicate volume importante de date și calcule, precum și, ca element esențial, de comparabilitatea rezultatelor, în timp și între diferite centrale.

Pusă în acest mod, problema analizei și urmăririi funcționării economice a centralelor termoelectrice înglobează într-un tot unitar mai multe categorii de probleme — de natură termoenergetică, metodologică, informatică —, probleme care, pe parcursul cercetării, s-au intercondiționat și întrepătruns, conducînd în final la sistemul informatic unitar și general utilizabil URMECO (de *UR*mărire a *M*ersului *ECO*nomic), implementat pînă în momentul de față în cîteva centrale din cadrul CIPEET și în curs de extindere a aplicării.

Programul de cercetare, inițiat de către centrala industrială de producere a energiei electrice și termice, din punct de vedere cronologic poate fi divizat în două etape de timp. În prima etapă s-a pus accentul pe operativitatea obținerii rezultatelor și au fost lăsate cu bună știință unele elemente de detaliu în afara preocupărilor, fiind astfel elaborată o soluție de prelucrare automată a datelor utilizabilă imediat. În a doua etapă, în paralel cu utilizarea primei soluții (cu limitările ei), a fost elaborată o metodologie de postcalcul îmbunătățită, cu un grad ridicat de generalitate și precizie a calculelor, realizînd concomitent și soluția finală de prelucrare automată a datelor, sistemul URMECO.

În cadrul programului de cercetare-proiectare de sisteme informatice pentru analiza și urmărirea mersului economic al centralelor termoelectrice, evident cu ponderi și eforturi diferite în diversele lui etape de realizare, direcțiile principale pe care s-a axat activitatea au fost legate de următoarele :

a) *Metodologia de calcul* capabilă să asigure în condițiile date (aparatură, scheme termice) și/sau impuse (precizie, operativitate) detecția și/sau explicitarea cauzelor funcționării economice/neeconomice a instalațiilor termoenergetice, cu sporul de rigoare și aprofundare impus de trecerea pe calculator, care a condus și la necesitatea soluționării unor probleme tehnologice-energetice nesoluționate, privind particularități ale unor grupuri și scheme termoenergetice.

b) *Instrumentul de calcul* capabil să prelucreze în mod unitar multitudinea de informații și/sau situații acceptate de metodologie, rămînînd totodată suficient de elastic pentru a se putea adapta la situații noi și/sau excepționale.

c) *Informațiile primare și datele de intrare* care să poată fi obținute direct din documentațiile de furnizor, probele de garanție și jurnalele de exploatare, implicînd un număr cît mai redus de prelucrări manuale.

d) *Aplicarea în practică* — cît mai rapid, în paralel cu îmbunătățirea și extinderea sistemului și continua sa adaptare la situațiile particulare de detaliu noi ce apar la fiecare nouă centrală la care se implementează.

În cele ce urmează vor fi prezentate, conform acestor direcții, principalele realizări obținute în cadrul programului de cercetare-proiectare.

2. Modelul matematic de calcul

Modelul matematic, utilizat în cadrul sistemului URMECO [1], aplicabil centralelor echipate cu grupuri de termoficare, cu grupuri de condensație sau de amîndouă tipurile, indiferent de natura combustibilului folosit, își propune să determine, pornind de la informațiile disponibile direct și/sau posibil de obținut individual pe agregat termoenergetic, o serie de informații sintetice referitoare la o etapă de centrală, avînd la bază următorul set de relații de calcul :

$$q_B^i = q_{B\,ref}^i \prod_{j=1}^{N_{CO}} (1 + C_j^i)$$

$$q_B = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TURB}} q_B^i E^i}{\left(\sum_{i=1}^{N_{TURB}} E^i\right) \eta_{ISCAZ}^{ref} \eta_{cd}} (1 + c_5)(1 + c_7) + \sum_{j=1}^{N_{AB}} a_j$$

$$q_R = \frac{B - \sum_e Q_L \eta_{ISCAZ} \eta_{cd}}{\sum_{i=1}^{N_{TURB}} E^i}$$

$$a_u = q_R - q_B,$$

*) Comunicare prezentată la Sesiunea de comunicări tehnico-științifice : „Contribuții la dezvoltarea energeticii românești", ICEMENERG, 26–28 iunie 1980.

completate cu metodologia de determinare, pentru fiecare caz în parte, a corecţiilor consumului specific de bază al grupului, a abaterilor de la funcţionarea nominală şi a energiilor extrase din prizele turbinelor cu abur.

Succesiunea calculelor pentru determinarea indicatorilor mersului economic al unei termocentrale, în conformitate cu acest model, este prezentată în figura 1.

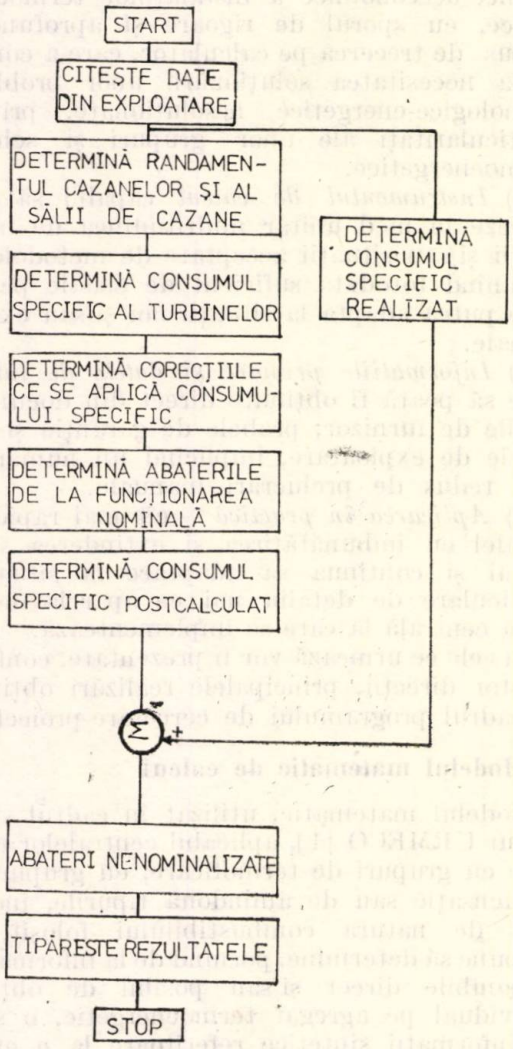


Fig. 1. Schema-bloc simplificată a postcalculului.

În cadrul modelului pentru determinarea randamentului cazanelor de abur şi a pierderilor la cazane, se folosesc relaţiile şi diagramele de combustibil în conformitate cu prevederile normelor DIN, iar medierea acestor valori pentru obţinerea randamentului sălii cazanelor de abur la nivel de etapă/centrală se face ţinînd seamă de cantităţile de abur produse în perioada de funcţionare.

În ceea ce priveşte obţinerea celorlalte valori medii la nivel de etapă, aceasta se realizează prin ponderare cu energiile electrice produse.

Deoarece, în cadrul modelului, se lucrează în general cu valori medii orare, pentru determinarea căldurilor livrate pe prizele turbinelor, în condiţiile în care pot apărea simultaneităţi şi/sau nesimultaneităţi de funcţionare, s-a convenit ca valoarea medie orară să se obţină prin raportare la timpul total de funcţionare a turbinei.

Pentru instalaţiile de turbine, la nivelul fiecăreia dintre ele, se iau în considerare regimurile de condensaţie, termoficare şi contrapresiune, convenindu-se ca, în cazul regimurilor de contrapresiune, să nu se efectueze calcule de corecţii şi abateri.

Determinarea consumului de căldură al unui grup, a corecţiilor şi a abaterilor se face utilizînd în exclusivitate diagramele şi caracteristicile date de furnizorul de echipamente, fără a se recurge la liniarizări şi/sau modificări.

3. Relaţia model matematic — organizare prelucrări automate

Sistemul de relaţii care stă la baza modelului matematic pentru urmărirea funcţionării economice a unei centrale termoelectrice scoate în evidenţă necesitatea evaluării într-o anumită ordine a principalelor mărimi şi această ordine va trebui să se regăsească, în general, şi în succesiunea prelucrărilor automate.

Există şi unele prelucrări — secundare faţă de direcţia principală de calcul — care nu se intercondiţionează reciproc.

Setul de ecuaţii prezentat pune în evidenţă două sfere de interes — şi deci de realizare a prelucrărilor :

a) Elemente care reflectă funcţionarea individuală a agregatelor, la baza cărora stau, în principal, diagramele de regim şi mărimile măsurate în exploatare.

b) Elemente care reflectă funcţionarea de ansamblu — economic şi tehnic — a unei mulţimi de agregate constituite într-o etapă.

Aprecierea, din punct de vedere economic, a funcţionării centralei se realizează, în principal, prin informaţiile de la acest nivel, dar şi prin cele de la nivelul a).

Privit prin prisma organizării prelucrării automate, nivelul etapă reprezintă sinteza rezultatelor de la nivelul agregat, cu luarea în considerare şi a unor date disponibile doar la nivelul etapei.

Modelul matematic constituind cadrul general pentru efectuarea calculelor impuse, particularizarea lui pentru o anumită etapă şi/sau centrală în ceea ce priveşte calculul bilanţului de căldură la prizele turbinelor şi/sau a modului de evaluare a unora dintre mărimi este, pe de o parte, o problemă de analiză termoenergetică şi una de mod de organizare a prelucrărilor automate, pe de altă parte.

Așa cum s-a arătat, în cadrul modelului sînt luate în considerare mai multe intervale de timp, și anume :

— perioada în sens calendaristic — la care se referă analiza ;

— perioadele efective de funcționare a fiecărui agregat și, acolo unde este cazul, chiar a unor părți componente, raportarea în calcule la una sau alta dintre ele efectuîndu-se în funcție de necesități.

Aspectul dinamic — de modificare a schemei de funcționare a etapei/centralei în perioada analizată — se consideră reflectat implicit, și nu direct, în calcule, realizîndu-se în acest fel o tratare globală, și nu pe porțiuni, a determinării consumurilor specifice.

Dată fiind generalitatea modelului — reflectată prin aplicabilitate la orice tip de schemă termică a unei etape/centrale — și necesitatea de a-l particulariza pentru fiecare situație reală — reflectată prin utilizarea doar a relațiilor de calcul adecvate — pentru organizarea prelucrărilor automate există o dublă posibilitate de abordare, adică fie legarea schemei de calcul de structura tehnologică, fie independența ei de aceasta și, la fel ca în model, particularizarea ei funcție de un anumit specific.

Oricare dintre aceste posibilități are, din punctul de vedere al prelucrării automate, atît avantaje cît și dezavantaje, alegerea fiind determinată de considerente de altă natură decît cele tehnologice.

Deși, în general, modelul nu poate fi considerat exhaustiv, putînd deci apărea situații de excepție, necesitatea de a fi luate în considerare și acestea în cadrul prelucrărilor automate constituie o altă cerință pentru modelul de organizare a prelucrărilor.

4. Soluția de prelucrare automată a datelor

Soluția elaborată pentru efectuarea prelucrărilor automate a datelor în cadrul sistemului URMECO este structurată, în conformitate cu principalele grupe de calcule impuse de modelul matematic, în grupe de module specifice următoarelor funcții :

— determinarea cantităților de energie termică și electrică livrate ;

— determinarea randamentului sălii cazanelor de abur ;

— determinarea consumului specific de bază al etapei/centralei ;

— determinarea consumului specific realizat al etapei/centralei ;

— determinarea abaterilor de la funcționarea prescrisă.

Deoarece marea majoritate a acestor calcule fac apel la diagrame și/sau norme de funcționare, a fost elaborată o metodologie de prelucrare, înmagazinare și utilizare a acestora și, corespunzător, un modul de prelucrare prin intermediul căruia se stabilește legătura dintre procedurile utilizatoare și biblioteca de caracteristici.

În figura 2 se prezintă schema de principiu, simplificată, a soluției de prelucrare automată a datelor, utilizată în cadrul sistemului URMECO.

Se observă că există două tipuri de proceduri, unele cu funcție organizatorică și altele cu funcție prelucrătoare. Procedurile de organizare asigură desfășurarea prelucrărilor în ordinea dorită și apelul modulelor prelucrătoare adecvate, în conformitate cu particularitățile tehnologice și/sau de calcul specifice unei anumite structuri tehnologice.

Soluția de organizare a prelucrărilor îmbină, în domeniul prelucrărilor automate, caracterul general al modelului de calcul (pentru urmărirea

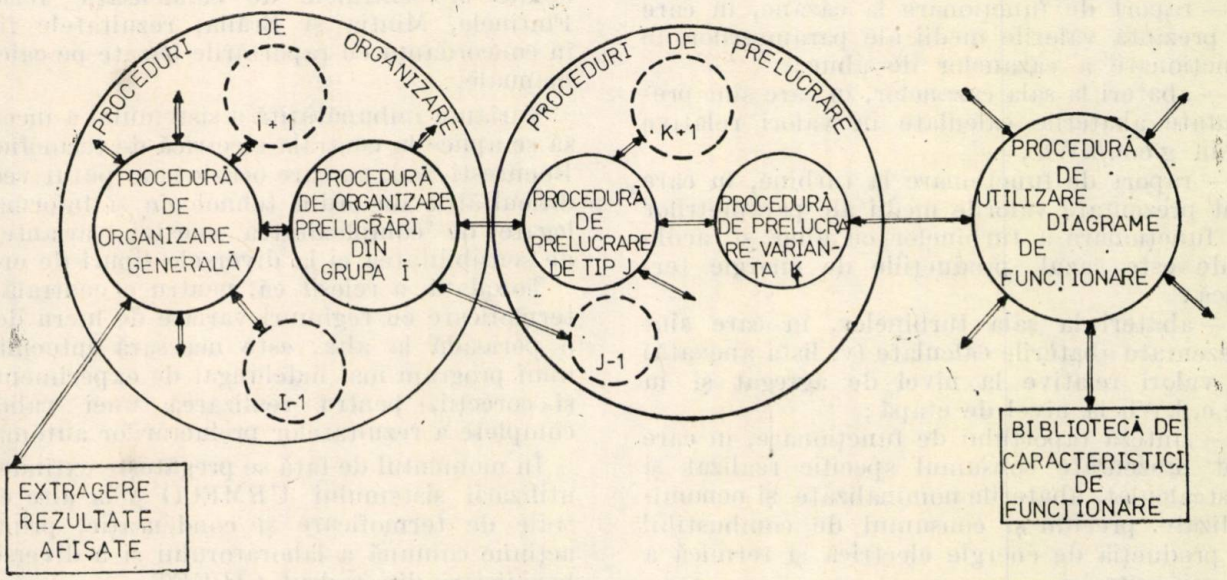


Fig. 2. Schema simplificată a prelucrării automate a datelor în cadrul sistemului URMECO.

mersului economic al unei centrale) cu specificul modului de lucru pentru diversele instalații.

Pentru crearea și/sau actualizarea bibliotecii de caracteristici de funcționare, a fost elaborată și o serie de module de serviciu, care nu au fost prezentate în figura 1 din considerente de spațiu.

5. Informații cerute/prelucrate/livrate

Soluția elaborată pentru prelucrările automate organizează datele în două categorii :

a) date cu caracter permanent, a căror perioadă de valabilitate este practic nedefinită ;

b) date cu caracter variabil, ele referindu-se la o perioadă anumită de timp, egală cu perioada pentru care se efectuează analiza funcționării economice a centralei termoelectrice.

Din prima categorie fac parte valorile nominale sau preluate din probe de performanță de precizie ridicată ale diverselor mărimi ce definesc funcționarea centralei, împreună cu diagramele și normele de calcul aferente instalațiilor livrate de furnizorul de echipamente.

Din cea de-a doua categorie fac parte datele provenite din exploatare și valorile determinate pe baza lor ale principalilor indicatori referitori la funcționarea economică a centralei.

Datele din exploatare se referă la fiecare dintre principalele agregate termoenergetice ale centralei și, în general, se obțin prin medierea valorilor orare din perioada considerată.

În aceeași grupă sînt incluse și măsurătorile de laborator referitoare la natura și calitatea combustibilului.

Informațiile obținute în urma prelucrărilor automate se grupează în următoarele tipuri de rapoarte :

— raport de funcționare la cazane, în care se prezintă valorile medii ale parametrilor de funcționare a cazanelor de abur ;

— abateri la sala cazanelor, în care sînt prezentate abaterile calculate în valori relative și în g c.c./kWh ;

— raport de funcționare la turbine, în care sînt prezentate valorile medii ale parametrilor de funcționare a turbinelor cu abur și, acolo unde este cazul, producțiile de energie termică ;

— abateri la sala turbinelor, în care sînt prezentate abaterile calculate (v. lista anexată) în valori relative la nivel de agregat și în g c.c./kWh la nivel de etapă ;

— sinteza raportului de funcționare, în care sînt prezentate consumul specific realizat și postcalculat, abaterile nominalizate și nenominalizate, precum și consumul de combustibil și producția de energie electrică și termică a etapei/centralei.

6. In loc de concluzii — Experimentarea și aplicarea în practică

Testarea funcționării sistemului cu date reale din exploatare pentru o centrală termoelectrică a scos în evidență necesitatea parcurgerii următoarelor etape :

a) Analiza din punct de vedere tehnologic a centralei, care include atît analiza modurilor posibile de funcționare a acesteia, cît și a tipurilor de echipamente din care este compusă.

b) Particularizarea modelului și a sistemului de prelucrări automate pentru centrala avută în vedere, concomitent cu elaborarea unor algoritmi de calcul specifici ; în această ultimă activitate se include, pentru centralele de termoficare, algoritmul de bilanț al circuitului pentru livrarea de energie termică la utilizatorii industriali și/sau urbani.

c) Colectarea și prelucrarea, în conformitate cu metodologia elaborată, a diagramelor de funcționare a diverselor agregate termoenergetice.

d) Colectarea datelor din exploatare pentru diverse regimuri de funcționare a centralei și efectuarea cu aceste date a prelucrărilor automate aferente calculului indicatorilor de funcționare economică a termocentralei.

e) Validarea rezultatelor prelucrărilor automate și reluarea unora din etapele a)—d) pentru eventuale corecții.

Așa cum s-a arătat, în cadrul programului de cercetare-proiectare, prima variantă a sistemului URMECO a fost pusă în aplicare imediat în unele centrale, în paralel cu dezvoltarea sistemului pentru creșterea gradului de precizie a calculelor și extinderea ariei de cuprindere.

În cadrul acestei faze, sistemul URMECO a fost utilizat pentru urmărirea mersului economic la centralele de condensație Iernut, Fîntînele, Mintia și Brăila, rezultatele fiind în concordanță cu raportările bazate pe calcule manuale.

Varianta îmbunătățită a sistemului a început să se aplice la centrala electrică de termoficare București-Sud, cu care ocazie s-au putut vedea dificultățile de ordin tehnologic și informatic legate de complexitatea acestei variante și de sensibilitatea ei la diversele tipuri de erori.

Totodată, a reieșit că, pentru o centrală de termoficare cu regimuri variate de lucru de la o perioadă la alta, este necesară întocmirea unui program mai îndelungat de experimentări și corecții, pentru realizarea unei validări complete a rezultatelor prelucrărilor automate.

În momentul de față se pregătește extinderea utilizării sistemului URMECO și la alte centrale de termoficare și condensație, printr-o acțiune comună a laboratorului și a diverșilor beneficiari din cadrul CIPEET.

ANEXĂ

Lista corecţiilor posibil de aplicat consumului de căldură al grupului

C_1 — corecţia datorată variaţiei presiunii în camera prizei de termoficare urbană
C_2 — corecţia datorată variaţiei presiunii în camera prizei de termoficare industrială
C_3 — corecţia datorată modificării valorii temperaturii nominale a aburului viu
C_4 — corecţia datorată modificării valorii temperaturii nominale a aburului supraîncălzit intermediar
C_5 — corecţia datorată modificării valorii de referinţă a aerului la sala cazanelor de abur
C_6 — corecţia datorată variaţiei temperaturii returului de termoficare urbană
C_7 — corecţia datorată pierderilor apă-abur admise.

Lista abaterilor posibil de calculat

a_1 — abaterea datorată pierderilor q_2 la sala cazanelor de abur
a_2 — abaterea datorată pierderilor q_4 la sala cazanelor de abur
a_3 — abaterea datorată pornirilor de la cald/rece pentru cazane şi turbine cu abur
a_4 — abaterea datorată variaţiei presiunii aburului viu
a_5 — abaterea datorată variaţiei temperaturii aburului viu
a_6 — abaterea datorată variaţiei temperaturii aburului supraîncălzit intermediar
a_7 — abaterea datorată variaţiei temperaturii apei de răcire
a_8 — abaterea datorată pătrunderii de aer la condensator şi murdăririi condensatorului
a_9 — abaterea datorată variaţiei temperaturii de alimentare
a_{10} — abaterea datorată pierderilor apă-abur

Lista de notaţii

q^i_{Bref} — consumul specific de căldură al grupului i, rezultat din diagrama de regim (kcal/kWh)
q^i_B — consumul specific de căldură corectat al grupului i (kcal/kWh)
c^i_j — valoarea corecţiei de tip j pentru grupul i (mărime adimensională)
E^i — energia electrică produsă în generatorul i, în perioada considerată (MWh)
a_j — valoarea medie a abaterii de tip j pentru maşinile unei etape (kcal/kWh)
N_{AB} — numărul total de abateri ce se calculează
N_{CO} — numărul total de corecţii ce se calculează pentru turbine
N_{TURB} — numărul total de turbine din cadrul etapei
q_B — consumul specific de căldură postcalculat al etapei (kcal/kWh)
η^{ref}_{SCAZ}, η_{SCAZ} — randamentul nominal şi realizat al sălii cazanelor de abur
η_{cd} — randamentul conductelor
q_R — consumul specific de căldură realizat al etapei în perioada considerată (kcal/kWh)
a_n — abaterile nenominalizate (kcal/kWh)
B — cantitatea de combustibil convenţional — în exprimare calorică — Gcal — consumată în perioada considerată
Q_l — suma căldurilor livrate la consumatori în perioada analizată.

Bibliografie

[1] Goliciu, D. *Contribuţii la calculul abaterilor de consum specific de căldură.* Referat III de doctorat, febr. 1976.

CRONICĂ

A XI-a Conferinţa Mondială a Energiei

— München, 8-12 septembrie 1980 —

În perioada 8—12 septembrie 1980 a avut loc la München, R. F. Germania, cea de-a XI-a Conferinţă Mondială a Energiei. Organizaţia care poartă acest nume este cea mai importantă organizaţie tehnico-ştiinţifică internaţională neguvernamentală din domeniul energeticii şi ea grupează în prezent 78 ţări, inclusiv ţara noastră.

Numărul participanţilor la conferinţă a fost de peste 5000, din majoritatea ţărilor lumii. Au fost prezenţi 14 miniştri, reprezentanţi ai 40 mari organizaţii internaţionale, oameni de ştiinţă, cercetători, specialişti din toate domeniile energeticii şi din cele conexe cu aceasta.

Delegaţia română la conferinţă, condusă de ing. Mihail Florescu, ministru secretar de stat la Consiliul Naţional pentru Ştiinţă şi Tehnologie, care a avut şi calitatea de delegat guvernamental, a fost alcătuită din următorii membri:

— dr. ing. Călin Mihăileanu, director general al Institutului central de cercetări energetice;
— dr. ing. Mihai G. M. Pop, secretarul Comitetului naţional român pentru Conferinţa Mondială a Energiei;
— prof. dr. doc. Vasile I. Nitu, director adjunct tehnic al Institutului de studii şi proiectări energetice;
— ing. Gavrilă Muscă, director al Institutului de cercetări pentru energetică chimică şi biochimică;
— dr. ing. Ion Nistor, şef de secţie la Institutul de cercetare ştiinţifică şi inginerie tehnologică pentru echipamente energetice şi maşini de ridicat.

La lucrările conferinţei a participat, ca invitat, fiind unul dintre cei patru preşedinţi de onoare ai Conferinţei Mondiale a Energiei, tovarăşul Octavian Groza, ambasadorul ţării noastre în Austria.

Lucrările plenare ale conferinţei au fost precedate de şedinţele comitetelor de lucru ale conferinţei, care s-au desfăşurat între 4 şi 5 septembrie, şi de şedinţele Consiliului executiv internaţional, 6—7 septembrie, cu o şedinţă de încheiere pe data de 12 septembrie, după-amiază.

Ședința inaugurală a conferinței, care a avut loc luni 8 septembrie, s-a desfășurat în prezența președintelui R. F. Germania, prof. dr. Karl Carstens. Cu acest prilej au luat cuvîntul :

— Dr. Peter von Siemens (R. F. Germania) — președintele Comitetului de organizare al celei de-a XI-a CME ;
— E. Kiesl — primarul orașului München ;
— Dr. Franz Josef Strauss — președintele Consiliului de Miniștri al landului Bavaria ;
— Helmut Schmidt — cancelarul Republicii Federale Germania ;
— A. G. Mutdogan (Turcia) — președintele în exercițiu al Conferinței Mondiale a Energiei.

În cuvîntarea sa, cancelarul federal, Helmut Schmidt, a expus pe larg situația energetică a lumii. Față de efectele crizei energetice asupra dezvoltării, Helmut Schmidt a arătat : „...Țările industriale fruntașe din Occident au stabilit, la Veneția, obiectivul de a reduce ponderea petrolului în consumul nostru total de energie, de la 53% în prezent, pînă la circa 40% în 1990 ... În afară de aceasta, ne-am propus să dublăm, pînă la începutul anilor '90, producția și consumul de cărbune ; de asemenea, ne-am propus ca în viitor fiecare procent de creștere economică să fie realizat cu un consum suplimentar de energie de numai 0,6%".

Franz Josef Strauss a subliniat, în cuvîntarea sa, ceea ce a caracterizat conferința de la München. Dacă pînă acum conferințele analizau, de regulă, producția și transportul energiei, multiplele posibilități ale utilizării energiei, tematica prezentei conferințe a avut misiunea de a pregăti decizii politice pentru descoperirea a noi surse de materii prime energetice, exploatarea lor rațională, repartiția și prețurile energiei, soluționarea importantelor probleme dintre exportatori și consumatori „prin mijloace pașnice — pe calea echității și înțelegerii, a respectului reciproc".

În după-amiaza primei zile a fost organizată o ședință plenară intitulată „Prolog", avînd ca scop de a permite unor personalități reprezentative a diferite părți ale lumii și sectoare energetice să prezinte problemele energetice ale viitorului din propria lor viziune.

După ce M. Pecqueur (Franța) a prezentat în rezumat concluziile precedentei CME (a X-a) de la Istanbul, din 1977, au luat cuvîntul :

— Prof. P. S. Neporojnii (U.R.S.S.) ;
— Dr. R. Ortiz (Mexic) — președintele în exercițiu al OPEC ;
— Tan Sri Dato Abu Zarim bin Haji Omar (Malaezia) ;
— Dr. U. Lantzke (R. F. Germania) — reprezentînd Agenția Internațională pentru Energie a țărilor occidentale industrializate.

Cele 164 de rapoarte tehnice întocmite s-au înscris în tema generală a Conferinței „Energie pentru lumea noastră", cu scopul de a arăta importanța unei alimentări sigure cu energie pentru lumea în care trăim, subliniind legătura între aprovizionarea cu energie și următorii factori :

— mărimea rezervelor diverselor surse de energie și posibilitatea utilizării economice și rationale a acestora ;
— dezvoltarea societății ;
— protecția și îmbunătățirea calității mediului înconjurător.

Rapoartele tehnice au fost întocmite de autori sub îndrumarea celor 76 comitete naționale și de către următoarele organizații internaționale :

— guvernamentale : ONU, UNESCO, AIE, OPEC, Fondul Arab pentru Dezvoltare Economică și Socială, CAER, Comisia Comunității Europene.
— neguvernamentale : Uniunea Internațională a Gazului, Comisia Internațională a Marilor Baraje, Uniunea Asociațiilor Tehnice Internaționale, Uniunea Internațională pentru Producerea și Distribuția Energiei Electrice — UNIPEDE, Congresul Minier Mondial, Congresul Mondial al Petrolului.

Aceste rapoarte au fost prezentate, în funcție de conținut, în cadrul celor patru secții ale Conferinței :

Secția I : *Aprovizionarea cu energie.*
Secția II : *Energia și societatea.*
Secția III : *Energia și mediul înconjurător.*
Secția IV : *Energia, societatea și mediul înconjurător.*

Pe lîngă ședințele tehnice plenare din secții, au avut loc discuții la mese rotunde, în timpul după-amiezelor, pe următoarele teme :

1. Petrolul sintetic și neconvențional ; gaze sintetice.
2. Problemele energetice ale țărilor în curs de dezvoltare.
3. Substituirea petrolului.
4. Cărbunele ca valoare de schimb internațională.
5. Energia nucleară și problemele sale.
6. Bilanțul energetic : cererea și oferta, conservarea energiei.
7. Implicațiile financiare internaționale ale problemei energiei.

În cursul după-amiezelor au fost programate și grupe de lucru mai restrînse, care s-au întrunit în paralel cu mesele rotunde. Pe baza studiilor speciale întocmite de organele subsidiare ale CME, aceste grupuri de lucru au luat în considerare o serie de teme specifice, după cum urmează :

1. Disponibilitatea centralelor termoelectrice.
2. Schimbul internațional de informații în domeniul energiei.
3. Termoficarea și pompele termice.
4. Energia și populația — spre o mai bună concordanță.
5. Termeni standardizați în economia energetică.
6. Interconexiuni electrice între Europa răsăriteană și occidentală.
7. Generatoare magnetohidrodinamice.

★

Din materialele prezentate și din dezbaterile care au avut loc la această prestigioasă reuniune tehnico-științifică, se constată că pe ansamblul omenirii consumul anual de energie a ajuns la circa 9 mlrd. t c.c., din care consumul de hidrocarburi (petrol și gaze împreună) reprezintă 2/3 din total. Prelungirea acestei situații ar conduce la epuizarea rezervelor sigure de hidrocarburi într-un termen relativ apropiat. Pentru a se evita această situație, este imperios necesar să se facă apel, într-o pondere din ce în ce mai mare, la cărbune și energie nucleară, pentru înlocuirea petrolului, începînd cu utilizările sale nespecifice.

Regional și pe țări se constată un dezechilibru important în ceea ce privește necesarul de petrol și posibilitățile de acoperire a acestuia. Țările sărace în resurse energetice, și în principal petrol, sînt dependente din ce în ce mai mult din punct de vedere economic și chiar politic de țările exportatoare de petrol, pentru a-și putea asigura energia necesară dezvoltării sociale și economice.

Ca urmare a dificultăților de asigurare a necesităților de energie, ritmurile de dezvoltare a consumului mondial s-au încetinit, mai ales datorită ponderii țărilor dezvoltate, în parte prin restructurarea producției industriale și prin mărirea eficienței de utilizare a resurselor energetice, dar și ca o consecință a recesiunii economice.

În țările în curs de dezvoltare, ritmurile de dezvoltare a consumului de energie se mențin și se vor menține mai ridicate datorită necesității creșterii nivelului de dezvoltare economico-socială.

Economisirea și conservarea energiei sînt probleme predominante, care au ocupat un loc de frunte în dezbaterile ce au avut loc în cadrul Conferinței Mondiale a Energiei. Aceste aspecte au fost abordate în toate domeniile și pe toate treptele bilanțurilor energetice, mergînd pînă la înființarea unor organisme specializate pentru stabilirea, rezolvarea și urmărirea aplicării măsurilor de utilizare eficientă a energiei.

În domeniul acoperirii cu energie a necesităților s-a preconizat intensificarea ritmului de extracție a cărbunelui, ca și diversificarea proceselor de valorificare a acestuia.

Se are în vedere, pe de o parte, arderea cărbunilor inferiori în centralele termoelectrice, iar pe de altă parte gazeificarea și lichefierea cărbunilor pentru obținerea de hidrocarburi necesare consumului.

De asemenea se întrevede o intensificare a utilizării resurselor nucleare, mai ales în țările dezvoltate tributare importului de resurse energetice, în special petrol. Cercetările în domeniul reprocesării deșeurilor nucleare au făcut progrese, depozitarea acestora considerîndu-se că nu prezintă pericolul de infectare a mediului ambiant.

Resursele noi de energie au fost prezentate prin prisma rezultatelor obținute în urma fundamentării și delimitării raționale a aplicării acestora, conturîndu-se, pe baze justificate, domeniile de utilizare. Implementarea acestor energii difuze necesită energii înglobate importante și promovarea lor se face în funcție de posibilitățile fiecărei țări.

În țările în curs de dezvoltare, aplicarea sistemelor energetice bazate pe utilizarea integrată a mai multor forme de energii noi (se fac referiri la energia solară, geotermală, biogaz etc.) este indicată pe scară din ce în ce mai largă.

Diversitatea problematicii energetice a marcat distinct politici energetice de dezvoltare specifice diferitelor țări (țările dezvoltate cu resurse de energie reduse, țările exportatoare de petrol, țările în curs de dezvoltare etc.).

În cadrul Conferinței Mondiale a Energiei s-au abordat, de asemenea, probleme legate de crearea unei independențe energetice prin stocarea hidrocarburilor și deci scăderea dependenței față de fluctuațiile pe piața combustibililor și nesiguranței în aprovizionarea cu hidrocarburi.

În țările mari exportatoare de petrol se constată tendința de scădere a ritmurilor de extracție pentru conservarea rezervelor respective de petrol.

Țările dezvoltate sînt mult mai afectate de creșterea prețului petrolului, ceea ce afectează consumul de energie. Reprezentanții acestor țări au susținut elaborarea de programe energetice speciale.

Din rapoartele prezentate și din dezbaterile ce au avut loc în secțiuni, mese rotunde, grupe de lucru, se constată următoarele:

1. Pe ansamblul globului, consumul anual de energie primară continuă să crească în ritmuri relativ ridicate. Consumul de petrol și gaze se menține încă, împreună, la circa 65% din total. În anii următori această pondere va marca o scădere continuă, datorită atingerii unui plafon maxim al consumului de hidrocarburi în valoare absolută, urmat de o descreștere progresivă. Aceasta se va manifesta mai întîi la consumul de petrol.

2. Pentru ca această reducere a consumului de hidrocarburi să fie posibilă, este necesar ca locul acestora să fie preluat, în principal, de cărbune și energia nucleară, care se estimează că vor reprezenta împreună practic două treimi din consumul, substanțial sporit față de cel prezent, de energie primară al anului 2030.

3. Cărbunele va redeveni o sursă importantă de energie, în principal pentru țările care au rezerve proprii, deoarece piața potențială a comerțului internațional cu cărbune nu va putea reprezenta, la sfîrșitul secolului, decît un sfert din cea a petrolului.

În efortul de a se folosi cantități sporite de cărbune, precum și al obținerii unor forme superioare de energie din cărbune, se dezvoltă atît procedee pentru înnobilarea, cît și pentru gazeificarea și lichefierea acestuia.

4. Reducerea ponderii petrolului în alimentarea cu energie va trebui să se producă în principal în țările industrializate, în care se consumă, în prezent, marea majoritate a cantităților de petrol produse în lume. În ceea ce privește țările în curs de dezvoltare mari producătoare de petrol, acestea nu vor mai fi dispuse să exporte petrol decît dacă li se vor asigura în contrapartidă condițiile creării unor economii industrializate, care să permită în continuare creșterea nivelului de trai și sporuri importante de populație și în perioada post-petrolieră. Atingerea acestor obiective nu va fi posibilă în aceste țări decît prin combinarea optimă a introducerii energiei nucleare, pentru utilizările în care se cere potențial energetic ridicat, și a energiei solare, pentru celelalte utilizări.

Drept urmare, multe din țările în curs de dezvoltare, mijlocii și mari, din Asia și America, vor fi aduse în următorii 20 de ani în situația de a introduce centrale nuclearoelectrice de puteri unitare mai mici decît cele folosite în prezent în țările industrializate — realizate cu cooperarea tehnologică și financiară a acestora.

5. De o importanță decisivă pentru stabilitatea energetică pe plan mondial în perioada de trecere la epoca post-petrolieră, este ieșirea din impasul actual în care se află realizarea programelor de construcție de centrale nuclearoelectrice în țările occidentale industrializate și trecerea la materializarea neîntîrziată a acestor programe. Într-adevăr, în felul acesta se vor putea obține și reduceri importante ale necesarului de petrol al acestor țări. Pentru realizarea acestor programe, potențialul tehnologic al țărilor industrial dezvoltate este pus la punct. În ceea ce privește fondurile necesare pentru investiții, acestea au devenit însă foarte greu procurabile în ultimul timp, și din această cauză se solicită cointeresarea țărilor OPEC prin reinvestirea în țările industrializate a unei părți a capitalurilor disponibile, obținute din vînzarea petrolului.

6. În ceea ce privește sursele noi, inepuizabile sau reînnoibile, de energie, au avut loc dezbateri importante. Dintre acestea, pe primul loc s-a situat energia solară, la care utilizările cele mai frecvente sînt, în prezent, în domeniul termoenergeticii solare, pentru producere de căldură. Pentru producere de energie electrică se folosește fie ciclul termodinamic (energie solară — căldură — energie mecanică — energie electrică), fie efectul fotovoltaic, pentru conversia directă (energie solară — energie electrică). În prezent, nici una din filiere nu este competitivă cu energia electrică produsă cu mijloace convenționale, din care motiv se fac cercetări intense pentru atingerea competitivității lor.

Dintre celelalte surse noi, energia geotermală este, în prezent, singura competitivă cu soluțiile clasice de producere a energiei electrice și căldurii, utilizarea acesteia fiind limitată la zonele geografice bogate în această resursă.

În ceea ce prvește valorificarea biomasei, se constată că, pentru zonele geografice cu climat temperat, aceasta va fi orientată cu precădere spre obținerea de combustibili sintetici.

Energia valurilor s-ar putea utiliza convenabil, sub aspect tehnico-economic, doar în cîteva regiuni ale globului, în care caracteristicile regimurilor dinamice permit o exploatare avantajoasă.

Energia vîntului este, în schimb, accesibilă pe scară largă, utilizarea ei intensivă fiind condiționată doar de dezvoltarea tehnologiilor specifice.

S-a subliniat caracterul dispersat al resurselor noi de energie, reînnoibile, puterile specifice unitare reduse ale acestora, ceea ce favorizează obiective de valorificare de putere mică cu producţie descentralizată de energie electrică şi/sau căldură.

Cu tot interesul şi speranţele arătate de omenire pentru noile surse de energie, conferinţa s-a manifestat cu prudenţă în legătură cu viitorul rezervat acestora. S-a considerat că, deşi trebuie depuse eforturi materiale şi umane din ce în ce mai importante pentru cercetarea noilor surse, ponderea lor va deveni mai importantă abia spre sfîrşitul secolului. Prevederea unor contribuţii mai substanţiale ale noilor surse la acoperirea balanţelor energetice riscă să nu fie realizată şi să producă perturbaţii în viaţa economică şi socială a ţărilor respective. Dimpotrivă, în cazul unor realizări accelerate în introducerea noilor surse, se va putea face faţă relativ uşor unor astfel de situaţii care ar apărea mai favorabile decît prevederile iniţiale.

S-a apreciat că ponderea noilor surse va fi iniţial mai mare în ţările în curs de dezvoltare, datorită condiţiilor specifice din aceste ţări, în comparaţie cu ţările industrializate.

7. Economisirea şi conservarea energiei au ocupat un loc de frunte în dezbaterile conferinţei. Comisia de conservare a energiei, al cărei raport, cuprinzînd prognoza ştiinţifico-economică mondială în domeniul energiei pe perioada 1985—2020, reprezintă un îndrumar valoros pentru toate naţiunile lumii, a pus accentul pe importanţa termoficării, a fabricării şi instalării de mari pompe termice, ca obiective prioritare decurgînd din aplicarea celor trei direcţii importante de economisire şi conservare a energiei:

— reducerea consumurilor specifice de materii prime şi de energie la toate nivelurile economiilor naţionale;
— îmbunătăţirea randamentelor ciclurilor energetice de la extracţie pînă la consumurile finale;
— restructurarea ramurilor economice în vederea asigurării unei dezvoltări economico-sociale în condiţiile unui consum energetic tot mai redus.

★

Faţă de cele de mai sus au rezultat următoarele concluzii valabile pentru ţara noastră:

— Clarviziunea şi puterea de analiză ştiinţifică a principiilor formulate în „Programul-directivă de cercetare şi dezvoltare în domeniul energiei, în perioada 1981—1990 şi orientările principale pînă în anul 2000" au fost confirmate o dată în plus prin concluziile celei de-a XI-a Conferinţe Mondiale a Energiei. Analiza comparativă a prevederilor Programului-directivă şi a prognozelor elaborate de specialiştii din lumea întreagă, ca şi rezultatele obţinute pînă în prezent în România, demonstrează că în ţara noastră se întreprind paşi importanţi pentru reducerea ponderii hidrocarburilor în balanţa energetică şi accentuarea utilizării combustibililor solizi, extinderea construcţiilor de centrale hidroelectrice, trecerea la realizarea programului de construcţii de centrale nucleare şi folosirea formelor noi de energie, inepuizabile.

În acelaşi timp, dezvoltarea programului de extindere a termoficării — domeniu în care România ocupă un loc de frunte în realizările pe plan mondial — confirmă justeţea politicii energetice formulate în prevederile Programelor-directivă ale Congresului al XII-lea al P.C.R.

— Continuarea acţiunilor şi măsurilor vizînd reducerea consumului de energie şi promovarea tehnologiilor cu consum mic de energie, prin analizarea consumului de energie pe ramuri industriale, procese tehnologice şi produse industriale şi agricole.

— Înfiinţarea unor unităţi şi organisme specializate pentru stabilirea, rezolvarea şi urmărirea aplicării măsurilor de utilizare eficientă a tuturor formelor de energie.

— Optimizarea utilizării, pe ansamblul economiei naţionale, a fiecărei resurse de energie primară pentru: producerea de energie electrică şi termică, carburanţi pentru motoarele cu ardere internă şi materie primă pentru industria chimică.

— Elaborarea unui program privind înnobilarea, gazeificarea şi lichefierea cărbunelui în instalaţii speciale, inclusiv prin utilizarea căldurii de origine nucleară.

— Adîncirea cercetărilor privind arderea în strat fluidizat a cărbunilor inferiori.

— Realizarea unor pompe de căldură de mare capacitate şi utilizarea acestora pentru valorificarea căldurii de potenţial scăzut, cuplate eventual cu instalaţii solare.

— Analizarea posibilităţilor de realizare de centrale nucleare de termoficare sau de reactori nucleari pentru alimentarea cu abur tehnologic şi apă pentru încălzire.

— Implementarea şi delimitarea domeniilor de aplicare a surselor noi de energie, pe baza unor analize de eficienţă economică la nivelul economiei.

— Elaborarea unui program naţional de utilizare raţională, economisire şi conservare a energiei.

m.d.

Lista rapoartelor prezentate la cea de-a XI-a Conferință Mondială a Energiei

Secția I

Resursele de energie și disponibilitatea lor în viitor

1.1.1 Progrese în tehnologia și știința petrolului : concluziile celui de-al X-lea Congres Mondial al Petrolului
W. von Ilsemann (Congresul Mondial al Petrolului — WPC)

1.1.2 Considerații privind disponibilitatea materiilor prime energetice solide
B. Stranz, G. B. Fettweis, A. W. Dokukin, W. Brand (Congresul Mondial al Minelor — WMC)

1.1.3 Aspecte ale proiectului de gaze naturale din nord-vestul Australiei
J. B. Kirkwood (Australia)

1.1.4 Efectul simulării rezervoarelor asupra ameliorării recuperărilor de petrol și gaze naturale
A. Kaufmann, F. Weinberger (Austria)

1.1.5 O nouă evaluare a potențialului hidroenergetic al Braziliei
A. C. T. Holtz, N. F. R. Dos Anjos (Brazilia)

1.1.6 Potențialul hidroenergetic al depresiunii Quattara (Egipt) datorită apelor Mării Mediterane
F. Bassler, M. K. Hamed (Egipt)

1.1.7 Strategii pentru utilizarea rațională a zăcămintelor carbonifere din Republica Federală Germania
F. C. Erasmus, R. Lenhartz (R. F. Germania)

1.1.8 Gazele naturale în Mexic
F. J. Peredo Ibarra, R. Delgado F. (Mexic)

1.1.9 Geologia platformei continentale a Golfului Campeche
J. Chavarria G. (Mexic)

1.1.10 Probleme privind dezvoltarea zăcămintelor de gaze naturale din peninsula Yamal
A. D. Sedykh (U.R.S.S.)

1.1.11 Comerțul mondial cu cărbuni pînă în anul 2000
R. H. Quenon (S.U.A.)

1.1.12 Interacțiunea globală a sistemelor bioenergetic și tehnoenergetic în epoca industrializării lumii
M. Osmanagić, Z. Pujić (Iugoslavia)

Noi sisteme de conversie, stocare și transport de energie

1.2.1 Fuziunea termonucleară : situația actuală și perspectivele de viitor
E. P. Velikhov (U.R.S.S.) ; E. E. Kintner (S.U.A.)

1.2.2 Viitorul lichefierii cărbunilor în Australia
J. A. Dembecki, L. J. Garner, J. T. Woods (Australia)

1.2.3 Gazeificarea subterană la mare adîncime și cu înaltă presiune variabilă
J. Medaets (Belgia)

1.2.4 Scheme tehnologice și rezultate practice privind arderea cărbunilor cu putere calorifică scăzută în cazanele centralelor termice
N. Todoriev, Ch. Marinov (Bulgaria)

1.2.5 Utilizarea ameliorată a combustibilului în reactorii cu apă grea
W. G. Morison, L. W. Woodhead, R. A. Brown, R. A. James (Canada)

1.2.6 Transportul gazelor naturale din regiuni încă neexploatate
R. D. Walker, E. J. Ryan (Canada)

1.2.7 Mari generatoare eoliene pentru producerea de energie electrică
S. Quraeshi (Canada)

1.2.8 Dezvoltări recente în sistemele daneze de conversie a energiei eoliene
M. Johansson (Danemarca)

1.2.9 Energia solară și eoliană : contribuția lor la acoperirea nevoilor viitoare de energie
B. Stoy, J. E. Feustel (R. F. Germania)

1.2.10 Posibilități și limitări în utilizarea viitoare a cărbunilor pentru aprovizionarea cu energie
W. Peters (R. F. Germania)

1.2.11 Recuperarea energiei deșeurilor menajere și industriale, precum și utilizarea nămolurilor din apele reziduale urbane
B. Braun, H. Lauer (R. F. Germania)

1.2.12 Turba — utilizată drept combustibil în Finlanda
R. J. Sopo (Finlanda)

1.2.13 Producerea de energie de origine solară : centralele franceze solaroelectrice cu ciclu termodinamic
G. Toth, J. P. Causse, M. Claverie (Franța)

1.2.14 Asocierea gazelor naturale cu energie solară : studii, experimentări și realizări pilot
G. F. Donat, J. R. Fellous, M. X. Lefèvre, J. A. Lesecq (Franța)

1.2.15 Experiența privind funcționarea centralelor electrice cu răcire indirectă cu aer. Tendințe de dezvoltare
A. Bakay, J. Bódás (Ungaria)

1.2.16 Conversia cărbunilor în India, în deceniul al nouălea
S. K. Bose, D. K. Mukherjee (India)

1.2.17 Centrale solaroelectrice de mare putere asociate cu piscine solare
Y. L. Bronicki, J. Lev-Er, Y. Porát (Israel)

1.2.18 Ciclul combustibilului nuclear în Japonia
H. Murata (Japonia)

1.2.19 Gazele naturale lichefiate importate și utilizarea lor în Japonia
S. Hirakawa (Japonia)

1.2.20 Conversia gazelor naturale din zăcămintele periferice de gaze și petrol în combustibili metilici (metanol brut) ținînd seama de condițiile specifice ale Malaeziei
H. Rahmat (Malaezia)

1.2.21 Strategii posibile privind carburanții pentru transporturi
R. K. Dutkiewicz, K. F. Bennett (Republica Sud-Africană)

1.2.22 Centrale de stocaj pneumatic, în condițiile speciale naturale ale S.U.A.
P. Zaugg, Z. S. Stys, H. Hoffeins (Elveția)

1.2.23 Experiența și perspectivele utilizării combustibililor cu putere calorifică redusă pentru producerea energiei electrice și căldurii în centralele termice din U.R.S.S.
V. I. Dobrokhotov, K. Ya. Polferov, A. A. Salamov (U.R.S.S.)

1.2.24 Utilizarea energiei nucleare pentru termoficarea urbană
V. P. Korytnikov, V. A. Sidorenko, L. S. Khrilev, V. I. Novikov (U.R.S.S.)

1.2.25 Evaluarea opțiunilor tehnologice în domeniul producerii energiei electrice
C. Starr, R. Balzhiser (S.U.A.)

Utilizarea rațională a energiei și economiile de energie

1.3.1 Economia de energie — piatra unghiulară a strategiei Agenției Internaționale pentru Energie
J. Reddington, R. Gradin (Agenția Internațională pentru Energie — IEA)

1.3.2 Utilizarea pompelor de căldură pentru încălzirea urbană
(Raport din partea Uniunii Internaționale a Distribuitorilor de Căldură — UNICHAL)

1.3.3 Analiza comparativă a economiilor potențiale de energie în diverse procese industriale din România și Statele Unite ale Americii
H. N. McCarl (S.U.A.) ; Gh. Preda (România)

1.3.4 Posibilități pentru o utilizare rațională a energiei în Austria
H. Brötzenberger, I. Bruner-Newton, P. V. Gilli, E. Hofbauer, H. P. Lenz, L. Musil, G. E. Obermair (Austria)

1.3.5 Economiile de energie și uscarea cu ajutorul pompelor de căldură
F. Pietermaat, B. Geeraert (Belgia)

1.3.6 Termoficarea urbană regională în Cehoslovacia
M. Kubin, J. Vlach (Cehoslovacia)

1.3.7 Posibilităţi de reducere a costului energiei şi de conservare a energiei primare prin tratarea apelor uzate
E. Klauwer, H. G. Rumpf (R. F. Germania)

1.3.8 Statistica consumurilor specifice de energie — sursă de informaţii pentru studiul economiei de energie
H. I. Mannisto, E. H. Sebbas (Finlanda)

1.3.9 Substituirea combustibililor cu energie electrică în locuinţele existente
J. Dubois, R. de Vignon (Franţa)

1.3.10 Termoficarea urbană regională în sistem complex, contribuţie eficace la utilizarea raţională a resurselor energetice ale R. D. Germană
H. Munser, W. Roschlaub, K. Walther, H. G. Weidlich (R. D. Germană)

1.3.11 Utilizarea raţională a energiei pentru dezvoltarea industrială
B. Booth, M. R. Cowan, A. G. Wilson (Marea Britanie)

1.3.12 Politica economiilor de energie în Marea Britanie şi măsurile aferente
D. E. F. Carter (Marea Britanie)

1.3.13 Economia de petrol în Islanda prin utilizarea surselor locale de energie
J. Björnsson (Islanda)

1.3.14 Stadiul actual al economiilor de energie în Japonia
A. Takashima (Japonia)

1.3.15 Aspecte tehnice, economice şi organizatorice ale utilizării raţionale a energiei în Polonia
W. Cherubin (Polonia)

1.3.16 Preocupări pentru o utilizare raţională a energiei în sectorul consumului casnic în România
N. Armencoiu, N. Gheorghiu, C. Goldenberg, C. Moţoiu, A. Vlădescu (România)

1.3.17 Evaluarea energiei economisite în diferite proiecte realizate în sectorul construcţiilor de locuinţe şi al industriei în Suedia
C.-E. Lind (Suedia)

1.3.18 Gestiunea energiei şi stocajul subteran
B. Jansson, S. Bjurström, S.-A. Hultin (Suedia)

1.3.19 Perspective pe termen lung ale sistemului electric şi producţiei combinate de electricitate şi căldură în Turcia
S. Kiciman (Turcia)

1.3.20 Aspectele sinergetice ale energiei solare în raport cu reactorul cu supraregenerare rapidă (breeder)
S. Baron (S.U.A.)

Problema energiei în ţările în curs de dezvoltare

1.4.1 Problemele utilizării hidroenergiei în ţările în curs de dezvoltare. Experienţa chiliană
E. Arias, G. Benavente, F. Bobenrieth, P. Jaramillo (Chile)

1.4.2 Sisteme energetice integrate pentru dezvoltarea rurală; o abordare a cazului în India
A. K. N. Reddy, D. K. Subramanian (India)

1.4.3 Rolul energiei nucleare în ţările în curs de dezvoltare
M. R. Srinivasan, K. V. Mahadeva Rao (India)

1.4.4 Dezvoltarea energetică în India, probleme şi strategii
N. B. Prasad, O. Bordia (India)

1.4.5 Problemele energetice ale ţărilor în curs de dezvoltare cu referire specială la utilizarea lemnului în Indonezia
A. Kadir, A. Arismunandar (Indonezia)

1.4.6 Energia în ţările în curs de dezvoltare — aspecte şi trăsături caracteristice
I. M. Badran, R. A. Aburas (Iordania)

1.4.7 Problemele energetice în sectorul rural din Malaezia
R. Ismail, R. Bidin (Malaezia)

1.4.8 Problemele energetice ale ţărilor în curs de dezvoltare
M. Sohail Qureshi (Pakistan)

1.4.9 Studiul crizei energetice şi influenţa sa asupra politicii transporturilor
Giwo-hshiung Tzeng (Taivan)

1.4.10 Dezvoltarea energetică şi efectele ei asupra unei ţări mici producătoare de energie
(Raport al Comitetului Naţional din Trinidad—Tobago)

1.4.11 Efectul crizei energetice mondiale asupra Turciei
K. Inan, T. Yarman (Turcia)

1.4.12 Energia şi producţia de alimente la nivelul anului 2000
D. R. Price (S.U.A.)

Secţia a II-a

Cererea de energie într-o societate în evoluţie

2.1 Necesitatea unei configuraţii energetice optime: punctul de vedere OPEC
M. Mimouni (OPEC)

2.2 Rezultatele cercetărilor asupra tendinţelor înregistrate în domeniul consumului de energie şi raţionalizarea acestuia, în special în cazul produselor şi proceselor tehnologice energointensive
F. Procházka, V. Simunek (Cehoslovacia)

2.3 Evoluţia probabilă a necesarului de energie în Portugalia
S. Paes, A. Martins (Portugalia)

2.4 Dinamica raportului între ritmul de dezvoltare economică şi socială şi consumul de energie în România
C. Mihăileanu, A. Iancu, M. Pop, F. Alexe, St. Răgălie (România)

2.5 Incidenţa mutaţiilor sociale asupra structurii consumului energetic în Taivan: o abordare cu ajutorul modelării matematice. Chia-Cheh Chang (Taivan)

2.6 Model al consumului de energie, probleme sociale şi impactul asupra mediului înconjurător în cazul unei localităţi cu o creştere industrială accelerată într-o ţară în curs de dezvoltare. Studiu de caz: Ciudad Guayana, Venezuela
E. Sanhueza, Ch. Ishizaki, H. Seijas (Venezuela)

Cooperarea internaţională în sectorul energetic

2.7 Gazele naturale într-o lume supusă transformărilor — importanţa cooperării la scară mondială
E.A. Giorgis (International Gas Union)

2.8 Energetica industrială şi impactul asupra societăţii moderne (Raport al Conferinţei internaţionale de energetică industrială)

2.9 Cooperarea multilaterală între ţările membre ale Consiliului de Ajutor Economic Reciproc pe planul problemelor energetice (Raport CAER)

2.10 Cooperarea internaţională în domeniul energetic între ţările cu economie planificată şi ţările industrializate din Europa şi America de Nord
(Raport al Secretariatului ONU—CEE)

2.11 Contribuţii la o strategie internaţională a activităţilor de cercetare ştiinţifică şi dezvoltare tehnologică în domeniul energiei
M. Klein (Franţa); St. Rath-Nagel (R.F.G.); V. Sailor şi R. Williamson (S.U.A.)

2.12 Comerţul internaţional cu gaze naturale — un exemplu de cooperare la scară mondială
P. Alby (Franţa); G. Kardaun (Olanda); K. Liesen (R.F.G.)

2.13 EURELIOS — centrala solaroelectrică de 1 MWe: un program de cercetare al Comunităţii Economice Europene în domeniul surselor noi de energie
D. Borgese, L. Tuardich (Italia); J. J. Fauré (Franţa); J. Gretz, A. Strub (CEE); H. Treiber (R.F.G.)

2.14 25 ani de cooperare româno-iugoslavă în construcţia şi exploatarea sistemului hidroenergetic şi de navigaţie Porţile de Fier I şi impactul asupra regiunilor învecinate ale celor două ţări
G. Cocoş, A. Diacon, A. Vasiliu (România); M. Prodanovic, V. Georgevic, R. Basaric (Iugoslavia)

2.15 Dezvoltarea resurselor de cărbune în Australia, pentru aprovizionarea industriei siderurgice şi a producţiei de energie electrică internaţionale
M. K. Laverick, C. R. Grice (Australia)

2.16 Rolul schimburilor comerciale internaţionale în dezvoltarea şi repartizarea resurselor energetice
R. Belgrave, J. Mitchell (Marea Britanie)

2.17 Exploatarea resurselor energetice locale în cadrul cooperării internaţionale
K. Goldsmith (Marea Britanie)

2.18 Cooperarea internaţională în vederea dezvoltării resurselor mondiale de cărbune
H. Aoki (Japonia)

2.19 Însemnătatea cooperării internaţionale pentru dezvoltarea industriei energetice poloneze
L. Gruszczyński, J. Mozer (Polonia)

2.20 Aspecte naţionale şi internaţionale ale politicilor guvernamentale cu privire la combustibili sintetici lichizi
A. W. Wright (S.U.A.)

Cooperarea între ţările în curs de dezvoltare şi ţările industrializate, în vederea asigurării aprovizionării cu energie

2.21 Cooperarea între ţările în curs de dezvoltare şi ţările industrializate în vederea satisfacerii necesarului de energie
(Raport al UPDEA — Comitetul de Studii asupra Cooperării Inter-Africane, Uniunea producătorilor şi distribuitorilor de energie electrică în Africa)

2.22 O încercare de ameliorare a performanţelor unei termocentrale prin cooperarea specialiştilor din India şi R.F.G.
R. N. Ghosh, J. C. Kalra (India); P. J. Marx, H. J. Sörensen (R.F.G.)

2.23 Rezolvarea problemelor energetice prin mijloace tehnologice, economice şi politice
E.F.O. Masters, T. W. Berrie (Marea Britanie)

2.24 Contribuţia japoneză la proiectul hidroenergetic şi industrial (aluminiu) de la Asahan (Indonezia)
I. Miyachi (Japonia)

2.25 Electrificarea regiunilor rurale cu ajutorul microhidrocentralelor
A. G. Vinjar (Norvegia)

Secţia a III-a

Necesarul de energie şi tehnologiile energetice destinate să amelioreze mediul înconjurător

3.1 Energia produsă prin combustie în pat fluidizat a deşeurilor industriale
F. Knor, P. Novotný (Cehoslovacia)

3.2 Consumul de energie pentru protecţia mediului înconjurător, o contribuţie din punct de vedere al eficacităţii
K. Repenning (R. F. Germania)

3.3 Deşeurile solide — sursă de energie
R. T. Kingdon, J. T. Fitton (Marea Britanie)

3.4 Gazeificarea cărbunelui şi efectele asupra mediului înconjurător
C. C. Ingram, O. C. Davis, B. Schlesinger (S.U.A.)

Utilizarea energiei şi efectele nocive asupra mediului înconjurător

3.5 Utilizarea raţională a carburanţilor pentru autovehiculele particulare
R. Kahsnitz (CONCAWE — Conservation of Clean Air and Water Europe)

3.6 Influenţa unei eventuale modificări climatice asupra strategiei energetice
(Raport al Organizaţiei Mondiale a Meteorologiei — WMO)

3.7 Noi tendinţe în utilizarea complexă a resurselor hidroenergetice în R. P. Bulgaria, în vederea îndeplinirii exigenţelor crescînde privind protecţia mediului înconjurător.
V. Chilegov, I. Metchkarski, Sp. Ioncov (Bulgaria)

3.8 Potenţialul bio-energetic al Canadei
R. P. Overend (Canada)

3.9 Mediul înconjurător şi exploatarea uraniului în Saskatchewan
R. E. Lloyd (Canada)

3.10 Desulfurarea gazelor prin atomizare
J. Andreasen (Danemarca)

3.11 Încercare de stabilire a unui bilanţ al influenţelor exercitate asupra mediului înconjurător de către industria energiei electrice în cadrul economiei generale
H. Trenkler (R. F. Germania)

3.12 Cărbunele şi mediul înconjurător
J. Gibson, G. F. Kennedy (Marea Britanie)

3.13 Efectele asupra mediului înconjurător datorită producţiei de energie electrică în centralele pe cărbune
P. F. Chester, A. J. Clarke, R. B. Hyde, F. R. Hunt (Marea Britanie)

3.14 Alegerea amplasamentului proiectului hidroenergetic de la Saguling-Java (Indonezia) şi măsurile de protecţie a mediului înconjurător
V. T. Radja (Indonezia)

3.15 Industria energiei electrice din Japonia şi problema mediului înconjurător
K. Kawashima (Japonia)

3.16 Poluarea atmosferică cu SO_2 şi politica energetică în Olanda
J. Doelman, A. J. Elshout, J. van der Kooij (Olanda)

3.17 Reducerea pagubelor provocate mediului acvatic, prin optimizarea folosirii apei de răcire
F. B. J. Koops, M. Donze, R. H. Hadderingh (Olanda)

3.18 Ultima fază a ciclului de utilizare a combustibilului nuclear. Soluţii tehnice şi factori de siguranţă ai conceptului KBS
P. E. Ahlström, L. B. Nilsson (Suedia)

3.19 Lucrări întreprinse în vederea realizării la Moscova a unei puternice centrale cu pompe de căldură
V. S. Varvarsky, Ja. A. Kovyliansky, V. M. Filkov, V. C. Yankov (U.R.S.S.)

3.20 Rolul industriei hidroelectrice în formarea complexelor industriale teritoriale
B. L. Barburin, A. A. Bestchinsky, L. P. Mikhailov (U.R.S.S.)

3.21 Poluarea mediului înconjurător, factor limitativ al dezvoltării energetice a regiunilor ce dispun de cărbune cu putere calorifică redusă
M. Jovanić, M. Mesarović, B. Savić (Iugoslavia)

Cooperarea internaţională şi interdisciplinară în vederea salvgardării ecosistemului

3.22 Rolul economiei gazelor naturale şi protecţia mediului înconjurător
D. Ewringmann, F. Vorholz (R.F.G.)

3.23 Problema CO_2 din punct de vedere geoecologic şi al economiei de energie
H. Lieth, J. Seeliger, G. Zimmermeyer (R.F.G.)

3.24 Norme internaţionale în tehnica nucleară
K. Becker (R.F.G.)

3.25 Cooperarea internaţională şi reducerea efectelor nocive asupra mediului înconjurător provocate de către sursele de energie noi sau dezvoltate
F. A. Robinson (Marea Britanie)

3.26 Precipitaţiile acide — influenţa asupra mediului înconjurător
L. N. Overrein (Norvegia)

Secţia a IV-a

Interacţiunile dintre consumul de energie, dezvoltarea economică şi societate

4.1 Electricitatea şi societatea
(Raport al UNIPEDE — Uniunea Internaţională a Producătorilor şi Distribuitorilor de Energie Electrică)

4.2 Energia electrică în lumea arabă
H. Khatib (Fondul Arab pentru Dezvoltarea Economică și Socială)

4.3 Interdependența dintre consumul de energie, dezvoltarea economică și societate
R. Shotton (Comisia Comunității Europene)

4.4 Energia și societatea
H. Walz (Parlamentul Comunității Europene)

4.5 Diferite aspecte ale condițiilor impuse economiei de energie în țările industrializate și în țările în curs de dezvoltare
E. Dourille (Franța), L. Konan (Coasta de Fildeș)

4.6 Necesitățile energetice ale sectorului de transporturi din Australia
A. J. Woods (Australia)

4.7 Programul brazilian al alcoolului
S. C. Trindade (Brazilia)

4.8 Politica energetică, piețele energiei și economia. Structura interacțiunilor
W. B. Friedenberg, G. J. Protti (Canada)

4.9 Punerea în valoare a resurselor hidroelectrice ale teritoriilor James Bay și nordul Quebecului, integrarea factorilor tehnico-economici, sociali și ecologici
C. Laliberté, A Soucy, P. Curzi (Canada)

4.10 Evaluarea din punct de vedere economic și energetic a utilizării surselor noi de energie
U. La Roche, U. Möller (R.F.G.)

4.11 Alimentarea cu energie electrică, condiție prealabilă și factor determinant pentru salvgardarea societății industriale și pentru dezvoltarea economică a lumii a treia.
H. Boeck (R.F.G.)

4.12 Garanția alimentării cu energie și protecția mediului înconjurător — elemente ale unei politici de perspectivă pentru societate
G. Hartkopf (R.F.G.)

4.13 Utilizarea rațională a resurselor naționale importante de gaze naturale
P. O. Lewis, R. B. Gibbon (Marea Britanie)

4.14 Rolul energiei electrice într-o economie în dezvoltare
B. Gormley (Irlanda)

4.15 Dezvoltarea economică și consumul de energie în Italia
G. Carta, V. d'Ermo, M. Leboffe (Italia)

4.16 Economia și consumul de energie în Japonia
M. Taguchi (Japonia)

4.17 Bilanțul energetic pe termen lung al Japoniei
T. Ikuta, M. Takei (Japonia)

4.18 Elaborarea unei strategii energetice naționale a unei țări mici — experiența Noii Zeelande
W. M. Duncan (Noua Zeelandă)

4.19 Dezvoltarea economiei combustibililor și a energiei în Polonia, din prezent pînă în anul 2000, și metodele aplicabile pentru a o realiza, ținînd seamă de factorii sociali, economici și ecologici
K. Kopecki, J. Marecki, L. Bednarz (Polonia)

4.20 Opțiunea energetică pentru Africa de Sud — utilizarea modelării pe calculator pentru evaluarea soluțiilor
R. B. Silberger (Republica Sud-Africană)

4.21 Componența electronucleară în progresul societății spaniole
E. Diaz del Rio, M. López Rodriguez, V. Gil Sordo (Spania)

4.22 Energia, un mijloc de protecție și un bun de consum
H. Baumberger, W. Brauchli și G. Ruths (Elveția)

4.23 Incidența potențială a supracosturilor rezultate în urma măsurilor de protecție a mediului înconjurător asupra rețelelor electrice ale societății metropolitane de electricitate din Thailanda.
A. Atilaksana (Thailanda)

4.24 Relațiile dintre dezvoltarea economică și cea a energeticii
L. A. Melentiev, S. N. Yatrov, A. A. Bestchinsky, A. A. Makarov, V. N. Kirichenko, Yu. D. Kononov, S. I. Pomosanov, A. G. Vigdorchik (U.R.S.S.)

4.25 Situația puterii nucleare a Statelor Unite văzută din punct de vedere industrial
R. J. Sherman (S.U.A.)

Dezvoltarea și transferul cunoștințelor, condiții de aprovizionare cu energie și de protecție a mediului înconjurător

4.26 Cooperarea internațională pentru formarea personalului de exploatare al centralelor electrice — un pas spre viitor și o posibilitate de ajutor țărilor în curs de dezvoltare
Y. Heper (Turcia), V. Sastry (India), G. Schlegel (R.F.G.), D. Shoai-Naeeni (Iran), F. Slavic (Iugoslavia), J. Spitalnik (Brazilia), E. Veiga (Spania)

4.27 Fundamentarea cercetărilor internaționale asupra flăcării, un exemplu de cercetare comună
M. Michaud (Franța), J. M. van Langen, P. A. Roberts (Olanda), J. M. Beér (S.U.A.), L. Reh (R.F.G.)

4.28 Creșterea și transmiterea cunoștințelor — o condiție esențială pentru dezvoltarea viitoare a structurilor energetice
P. Schnell, M. Dehli (R.F.G.)

4.29 Bilanțurile energetice ale Republicii Federale Germania
Colectivul pentru Bilanțuri Energetice (R.F.G.)

4.30 Informarea, instrucția civică și formația profesională, baze ale asigurării în aprovizionarea și utilizarea rațională a energiei în Republica Democrată Germană
H.-J. Hildebrand (R.D.G.)

4.31 Programul de formare profesională în geotermie al Universității Națiunilor Unite pentru Islanda
I. B. Fridleifsson, W. Shearer (Islanda)

4.32 Politica de comunicare în masă în domeniul energetic : conservarea și programarea energiei, energetica nucleară și altele
C. Vacchiano López, G. Castro Villalba (Spania)

Rolul factorului „timp" în general și termenele de realizare pentru societate, pentru aprovizionarea cu energie și pentru mediul înconjurător

4.33 Perspective de dezvoltare ale energeticii nucleare
K. H. Beckurts, U. Hansen, W. Jaek (R.F.G.), T. J. Connolly (S.U.A.)

4.34 Termene care afectează companiile de electricitate canadiene
P. Mayers (Canada)

4.35 Strategii în domeniul reactoarelor cu apă ușoară
W. Keller, F. J. Spalthoff (R.F.G.)

4.36 Extracția lignitului din bazinul renan în armonie cu mediul înconjurător și societatea
H. J. Leuschner (R.F.G.)

4.37 Costurile aferente decalărilor provocate de opoziția la realizarea marilor centrale electrice. Situația italiană
A. M. Angelini (Italia)

4.38 Influența reglementărilor și procedurilor referitoare la mediul înconjurător asupra termenelor de punere în funcțiune a centralelor electrice din Noua Zeelandă
S. Wong, D. J. Willis (Noua Zeelandă)

4.39 Evaluarea impactului energiei solare în necesitățile actuale de noi forme de energie
J. T. Bok, G. W. Nichols (S.U.A.)

4.40 Elaborarea unui plan de producere a energiei electrice la nivelul anului 2000
S. D. Goodman, E. R. Hottenstein (S.U.A.)

Fondurile necesare pentru asigurarea aprovizionării cu energie și pentru protecția mediului înconjurător

4.41 Strategii energetice și cererea de capital
I. Bauer, W. Häfele, H. Rogner (IIASA)

4.42 Cooperarea financiară — baza unei expansiuni largi a pieței internaționale de gaze naturale
D. Schmitt, H. J. Schürmann (R.F.G.)

4.43 Necesarul de investiții în sectorul economic al energiei și finanțarea lui
R. Diel, G. Radtke, R. Stössel (R.F.G.)
4.44 Problemele finanțării în sectorul energiei
F. De Wissocq (Franța)

Rapoarte prezentate la mese rotunde

RT 1.1. Gazeificarea cărbunelui
G. F. I. Roberts (Marea Britanie)
RT 1.2. Lichefierea cărbunelui
Bergbau-Forschung GmBH (R.F.G.)
RT 2.1. Anchetă asupra evoluției pe termen lung a cererii și ofertei de energie în țările în curs de dezvoltare
J. R. Frisch (Franța)
RT 2.2. Energia din sectorul necomercial în țările în curs de dezvoltare
S. G. Ramachandra (India)
RT 2.3. Impactul trecerii la surse de energie care nu sînt bazate pe petrol, asupra țările arabe
A. A. Attiga (OAPEC)
RT 3.1. Gazele naturale lichefiate și importanța lor pentru piața mondială a energiei
C. Brecht (Uniunea Internațională a Gazului)
RT 4.1. Dezvoltarea schimburilor internaționale de cărbune
M. J. Parker (Marea Britanie)
RT 4.2. Cărbunele ca marfă de schimb internațional
C. L. Wilson (S.U.A.)
RT 5.1. Necesitatea energiei nucleare și problemele ei
S. Eklund (Agenția Internațională pentru Energie Atomică)
RT 6.1. Evaluarea pe termen lung a cererii de energie
T. R. Gerholm (Suedia)
RT 6.2. Perspectivele producției de energie primară
J. S. Foster (Canada)
RT 6.3. Orizontul energetic al lumii a treia în anii 2000—2020, o abordare regională a problemei energiei și a surselor de aprovizionare cu energie
J. R. Frisch (Franța)
RT 6.4. Utilizarea mai rațională a energiei: o resursă invizibilă de energie
A. F. Beijdorff (Olanda), P. Stuerzinger (Elveția)
RT 7.1. Aspecte internaționale asupra constituirii capitalurilor destinate acoperirii nevoilor financiare datorită situației energetice
F. W. Christians (R.F.G.)

Rapoarte prezentate la grupele de lucru

WG 1.1. Obiectivele disponibilității și date de fiabilitate: rezumatul la ancheta întreprinsă în rîndul țărilor membre ale CME
D. A. Davis (Marea Britanie)
WG 1.2. Strategia mentenanței și influența ei asupra disponibilității centralelor termoelectrice
W. Hlubek (R.F.G.)
WG 1.3. Indisponibilitatea grupurilor termoenergetice pe combustibili clasici și nucleari
C. Tabet (Franța)
WG 1.4. Aspecte economice și energetice privind disponibilitatea centralelor termoelectrice clasice și nucleare
R. Manni (Italia)
WG 1.5. Metode de previziune a disponibilității grupurilor termoenergetice
V. I. Nitu (România)
WG 1.6. Noțiuni de disponibilitate și indisponibilitate în domenii tehnice conexe
L. Rausén (Suedia)
WG 3.1. Producerea combinată de energie electrică și căldură, încălzire urbană și pompe de căldură Comitetul ad-hoc pentru termoficare și pompe de căldură
WG 7.1. Stadiul actual al MHD pentru producerea pe scară largă a energiei electrice
L. H. Th. Rietjens (Olanda), G. Rudins (S.U.A.), M. M. Sluyter (S.U.A.)

Pentru toți cei interesați, precizăm că materialele celei de-a XI-a Conferințe Mondiale a Energiei pot fi consultate la Secretariatul Comitetului Național Român CME, ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, București, Sectorul 3

Cuprinsul revistei „Energetica" vol. 28 (1980)

I. Energetică generală

1. Măiereanu, I. și Pavel, E.: Aspecte privind siguranța în funcționare a sistemului energetic național în condițiile economisirii energiei primare, nr. 1—2, p. 15—18.
2. Lup, L.: Reducerea consumurilor specifice de combustibil și de energie electrică prin optimizarea încadrării centralelor electrice în curbele de sarcină ale SEN, nr. 4, p. 157—160.
3. Mihăileanu, C., Iancu, A., M.G.M. Pop, Alexe, Fl. și Răgălie, St.: Dinamica raportului între regimul de dezvoltare economică și socială și consumul de energie în România, nr. 10—11, p. 426—433.
4. Nitu, V.I. și Bordeianu, N.: Metode și principii folosite în dimensionarea sistemului electroenergetic în actualele condiții ale balanței energetice, nr. 10—11, p. 433—435.

II. Termoenergetică

1. Bălan, V.: Utilizarea modelelor matematice pentru stabilirea caracteristicilor energetice ale șisturilor cărbunoase, nr. 1—2, p. 25—30.
2. Mihăescu, L.: Cercetări asupra posibilităților de ardere a combustibililor solizi inferiori sub formă pulverizată, cu arzătoare de tip turbionar, nr. 3, p. 104—112.
3. Vărzaru, V.: Posibilități de utilizare a opacimetrelor la cazanele energetice alimentate cu păcură, nr. 3, p. 117—121.
4. Oancea, L.: Creșterea indicelui de termoficare, metodă eficientă de economisire a combustibilului în centralele electrice de termoficare, nr. 4, p. 169—175.
5. Cinski, E.D.: Eficacitatea reținătorilor de stropi din materiale plastice,utilizați la turnurile de răcire, nr. 4, p. p. 175—178.
6. Neațu, V. și Matei, M.: Posibilități de reducere a coroziunilor și depunerilor prin utilizarea aditivului românesc de combustie a păcurii sulfuroase, nr. 5—6, p. 213—222.
7. Gatman, E. și Antoniu, E.: Calitatea cărbunelui din bazinul Oltenia-Nord, factor determinant în asigurarea siguranței în exploatare a instalațiilor termoenergetice, nr. 7, p. 253—259.
8. Hubert, I. și Leca, A.: Intensificarea transferului de căldură prin folosirea țevilor cu nervuri joase la schimbătoarele de căldură tubulare, nr. 7, p. 260—265.
9. Goos, W.: Capacitatea de dezaerare — criteriu nou în aprecierea calității uleiurilor de turbină, nr. 7, p. 266—269.
10. Nibeleanu, St., Popescu, P. și Proca, A.: Experimentarea pe modele a evoluției fenomenului de autoaprindere a cărbunilor depozitați în buncăre și a eficienței

de stingere a unor substanțe fabricate în țară, nr. 8, p. 311—315.
11. Bolma, A. : Folosirea HCl rezultat din sintezele organice la regenerarea cationiților din stațiile de tratare a apei din CTE ale M.E.E., nr. 8, p. 316—318.
12. Cocoș, A.-A. : Optimizarea funcționării circuitelor de răcire din centralele electrice în scopul reducerii consumurilor specifice pe agregat. Procedeul de pasivizare a țevilor de condensator prin dozare de sulfat feros, nr. 9, p. 370—373.
13. Oancea, L. : Diagrama de control al calității reglajului căldurii livrate pentru alimentarea serelor, nr. 9, p. 373—379.
14. Chercea, G., Totolo, C. și Bolma, I. : Modelarea fizică a proceselor de curgere în focare în scopul reducerii pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă, nr. 10—11, p. 457—460.
15. Nibeleanu, St. : Cercetarea posibilității stocării cărbunilor bruți în timp, în buncăre, la termocentrale în caz de avarii, nr. 10—11, p. 460—468.
16. Turcu, L. și Grăpinoiu, V. : Aspecte mecano-metalurgice rezultate în urma examinării unei avarii la o conductă de abur viu, nr. 10—11, p. 469—473.
17. Munteanu, I. : O mărime utilizabilă la identificarea inerției termice a instalațiilor complexe. nr. 10—11, p. 473—480.
18. Cioroianu, L., Munteanu, V. și Șdirea, R. : Bile de cauciuc spongios pentru curățirea circuitelor în vederea măririi schimbului de căldură, nr. 10—11, p. 486—487.
19. Bodu, Th., Maftei, M., Neațu, V. și Matei, M. : Posibilități de separare a zgurii existente în depozitele de cenușă și zgură ale centralelor termoelectrice, prin procedeul cu ciur vibrant, nr. 10—11, p. 487—493.
20. Moțiu, C., Romanof, N. și Schmidt, R. : Studiul dispersiei SO_2 în zona CTE Mintia, nr. 10—11, p. 493—495.
21. Ciobanu, S. și Dumitru, C. : Contribuția cercetărilor la optimizarea tehnico-economică a turnurilor de răcire în contracurent din România, nr. 10—11, p. 496—501.
22. Ardeleanu, Fl., Ghițescu-Treanță, P. ș a. : Optimizarea funcționării unor centrale termoelectrice care utilizează apa aceluiași râu, nr. 10—11, p. 501—505.
23. Pillat. D.V. : Relație pentru determinarea nivelului de eroziune de către cenușă a țevilor de economizor, nr. 12, p 547—550.

III. **Electroenergetică**

1. Dimo, P., Pomârleanu, M., Bejuscu, L. și Radu, I. : Actualizarea on-line a modelului echivalent al sistemelor externe pentru analiza de siguranță a sistemului energetic național cu ajutorul echivalenților REI, nr. 1—2, p. 18—22.
2. Nitu, V.I., Albert, H., Stein, M. și Popescu, A. : Aspecte privind disponibilitatea elementelor de rețea, nr. 1—2, p. 23—25.
3. Nitu, V.I. și Petrescu, A.M. : Rolul programelor de calcul al siguranței pe termen scurt în îmbunătățirea funcționării operative a sistemului energetic național, nr. 1—2, p. 34—36.
4. Ionescu, C. : Calculul fiabilității echipamentelor termomecanice prevăzute cu rezerve, nr. 1—2, p. 43—49.
5. Stein, M., Iancovici, P. și Moraite, G. : Siguranța în funcționare a unor zone de sistem sub aspectul corelațiilor între condițiile de dimensionare a rețelelor și automatizărilor de sistem, nr. 1—2, p. 50—55.
6. Bordeian, N., Petrescu, A.M. și Mihăilescu, Fl. : Optimizarea strategiei de utilizare a culoarelor pentru LEA de transport din punct de vedere al siguranței, nr. 1—2, p. 56—62.
7. Albert, H., Bogan, M. și Bădin, M. : Siguranța în funcționare a stațiilor de transformare din cadrul IRE Iași. Date statistice, comparații cu valori medii multianuale pe ansamblul sistemului energetic, nr. 1—2, p. 62—66.
8. Florea, I. : Aspecte de siguranță privind schemele de conexiuni ale stațiilor propuse pentru tipizare, nr. 1—2, p. 66—71.
9. Angelescu, T. și Mazăre, A. : Îmbunătățirea schemelor de protecție și reglaj automat aferente blocurilor de 125 MW, nr. 1—2, p. 72—73.
10. Crețu, Gh. : Regimul deformant și supratensiunile produse de cuptoarele electrice cu arc în rețeaua de 35 kV de alimentare a acestora, nr. 1—2, p. 76—79.
11. Ciobanu, M. și Negoiță, V. : Soluții tehnice aplicate pentru alimentarea cu energie electrică a platformei unui combinat chimic în cazul unor avarii grave în sistemul energetic, nr. 1—2, p. 79—82.
12. Stănculescu, A. : Metodă de calcul pentru determinarea numărului minim de elemente selectate în distribuțiile statistice, nr. 1—2, p. 82—85.
13. Potolea, E. : Echivalarea și estimarea în calculul rețelelor electroenergetice, nr. 3, p. 121—131.
14. Predan, Fl. și Caraivan, D. : Stabilirea nivelului optim de reducere a consumului tehnologic în rețelele de transport și distribuție dintr-o zonă geografică, nr. 3, p. 132—134.
15. Cîrțină, Gh. : Asupra variației conforme a puterilor active și reactive în rețelele electrice, nr. 3, p. 135—138.
16. Potolea, E. și Crișciu, H. : Echivalarea rapidă a rețelelor electroenergetice, nr. 4, p. 181—184.
17. Darie, S. : Algoritm și program de calcul pentru analiza rețelelor electrice cu transformatoare, nr. 4, p. 184—187.
18. Covar, E. : Releu pentru protecția transformatorului de curent la deschiderea circuitului secundarului, nr. 4, p. 194—196.
19. Stein, M. și Diaconu, St. : Unele aspecte specifice în analiza rezervării echipamentelor energetice cu ajutorul calculului statistico-probabilistic, nr. 5—6, p. 223—226.
20. Popescu, I., Lixăndroiu, D. și Forje, A. : Studiul fiabilității sistemelor energetice, în cazul suspendării unor elemente, prin metoda trunchierii bilaterale, nr. 5—6, p. 226—229.
21. Bednar, H., Bednar, V. ș.a. : Studiul fiabilității uleiurilor electroizolante, nr. 5—6, p. 229—236.
22. Ungureanu, B., Tetelbaum, V., Florescu, V. și Sîrbu, M. : Extinderea posibilităților de calcul al regimurilor tranzitorii ale SEN, nr. 5—6, p. 240—242.
23. Babescu, M. și Novac, I. : Performanțele generatorului asincron dintr-o microcentrală cuplată la sistemul energetic, nr. 7, p. 269—275.
24. Cristovici, A. : Posibilități și căi de utilizare a calculatoarelor de proces pentru automatizări de sistem în sistemele energetice, nr. 7, p. 274—277.
25. Buhuș, P. și Comănescu, Gh. : Stabilirea secțiunilor economice pentru liniile electrice de distribuție, în ipoteza unor creșteri în timp ale sarcinii și ale costului specific al consumurilor tehnologice de energie, nr. 7, p. 277—288.
26. Cocoș, Em. : Considerații privind dimensionarea filtrelor absorbante, nr. 7, p. 289—297.
27. Mihăilescu, D. și Rențea, I. : Aspecte privind posibilitatea funcționării insulare a platformei energetice Rm. Vîlcea, nr. 8, p. 318—327.
28. Bratu, A. și Enache, R. : Aspecte privind regimurile tranzitorii care se produc la comutarea bateriilor de condensatoare, nr. 8, p. 332—337.
29. Cristescu, D., Ungureanu, M. și Postolache, P. : Comportarea jugurilor lanțurilor de izolatoare la descărcarea corona, nr. 8, p. 337—345.
30. Moldoveanu, C. și Mănițiu, V. : Aprecierea din punct de vedere termic a calității transformatoarelor de distribuție în ulei, nr. 8, p. 346—349.
31. Covar, E. : Schemă pentru protecția diferențială împotriva scurtcircuitelor în sistemele electrice, nr. 9, p. p. 379—385.
32. Bălan, Gh., Constantinescu, J. și Neagu, V. : Reducerea consumului propriu tehnologic în rețeaua de transport a SEN prin optimizarea nivelurilor de tensiuni, nr. 10—11, p. 440—442.
33. Dimo, P., Constantinescu, J. ș.a. : Determinarea comportării dinamice a sistemului energetic pe intervale mari de timp, urmare a unor perturbații succesive în sistem, nr. 10—11, p. 443—448.
34. Bratu, A., Bratu, L., Mihail, G. și Popa, B. : Probleme actuale și de perspectivă privind comportarea descărcătoarelor cu rezistență variabilă la supratensiuni de comutație, nr. 10—11, p. 449—453.

35. Pascu, L. și Boroș, I. : Analizor numeric de funcții de transfer, nr. 10—11, p. 513—514.
36. Berbece, C., Brozici, M. ș.a. : Supravegherea funcționării protecțiilor tehnologice cu ajutorul unui microcalculator la un grup de 330 MW, nr. 10—11, p. 515—517.
37. Cserveny, I., Urcan, E., Blada, Al. și Simedru, A. : Stabilirea funcțiunilor și configurației sistemului de calcul pentru optimizarea exploatării Centralei hidroelectrice Porțile de Fier, nr. 10—11, p. 517—518.
38. Bălan, Gh., Onu, V. și Mihalcea, E. : Stația de mare putere a ICEMENERG — o importantă bază experimentală pentru verificarea fiabilității echipamentelor electroenergetice, nr. 12, p. 551—554.
39. Stein, M. și Ionescu, D. C. : Asupra utilizării funcției de distribuție exponențiale în modelarea siguranței în energetică și aspectele de mentenanță conjugate cu aceasta, nr. 12, p. 555—561.

IV. **Hidroenergetică**

1. Popa, Gh., Stoia, C. și Stănciulescu, G. : Metodă de prognoză hidro a apelor mici din sezonul cald, în bazinele amenajate hidroenergetic, nr. 10—11, p. 505—513.
2. Cartianu, P., Bogdan, S. și Ghitta, A. : Centrala hidroelectrică Dobrești-Ialomița și linia electrică de 110 kV Dobrești — București, la jumătate de secol, nr. 12, p. 527—533.

V. **Energetică nucleară**

1. Haiduc, C. : Cercetări privind procesul de convecție forțată în canalele de reactori nucleari energetici PHWR, nr. 12, p. 534—539.
2. Ardeleanu, Fl. și Măruță, Al. : Considerații privind implicațiile tranzitării pe canalul Dunăre—Marea Neagră a unui debit de apă încălzită provenită de la CNE Cernavodă, nr. 12, p. 593—544.

VI. **Energetică industrială**

1. Ijac, Gh., Diaconescu, M. ș.a. : Cercetări experimentale privind mărirea stabilității în funcționare și optimizarea unor procese ale sistemelor de acționare cu motoare sincrone, nr. 3, p. 146—148.
2. Ghia, V. V. și Păltînea, A. Influența combustibilului ars în cuptoare asupra recuperării primare a căldurii, nr. 4, p. 161—169.
3. Sfichi, R. Considerații cu privire la indicatorii regimului deformant în rețelele sistemului electroenergetic, nr. 4, p. 188—193.
4. Iordănescu, I. Compensarea factorului de putere și atenuarea regimului deformant, acțiuni interdependente în sistemele energetice moderne, nr. 8, p. 327—331.
5. Oancea, L. : Diagrama de control al calității reglajului căldurii livrate pentru alimentarea serelor, nr. 9, p. 373—379.
6. Raicu, V.C. : Determinarea locului de defect pe liniile lungi cu derivații, nr. 9, p. 385—390.
7. Mihăileanu, C., Potlog, D. M. și Rugină, V. : Mijloace de combatere a efectelor golurilor de tensiune asupra consumatorilor industriali de energie electrică, nr. 10—11, p. 436—440.
8. Cîrțină, Gh., Ivas, D. și Bîrlădeanu, E. : Asupra posibilităților de determinare a ponderii maxime de putere deformantă în sarcina totală a unei stații de transformare, nr. 12, p. 561—564.

VII. **Surse și tehnologii noi**

1. Oancea, C., Badea, D. și Bădescu, V. : Metodă de proiectare pentru determinarea ariei necesare de captare a energiei solare în vederea preparării apei calde, nr. 3, p. 97—103.
2. Bilegan, I. : Tuburi termice din aluminiu pentru schimbătoare de căldură, nr. 3, p. 112—116.
3. Gănescu, V., Pop, M.G.M. ș.a. : Instalația solară cu circuit dublu pentru producerea apei calde menajere de la ferma „Baby beef" — Bărcănești-Prahova, nr. 4, p. 178—180.
4. Cartianu, P. : Tendințe de generalizare a valorificării energetice a deșeurilor urbane, nr. 4, p. 196—200.
5. Tomescu, C. și Enache, M. : Prognoza valorificării energiei valurilor în Republica Socialistă România, nr. 5—6, p. 205—207.
6. Pop, M.G.M., Manea, D. ș.a. : Posibilități de implementare a unei pompe de căldură în sistemul de încălzire al unei case solare, nr. 5—6, p. 208—213.
7. Țuțuianu, O. : Utilizarea unor noi tehnologii bazate pe radiații infraroșii pentru depistarea pierderilor în transportul energiei termice, nr. 5—6, p. 236—239.
8. Bițã, O. : Unele aspecte ale influenței parametrilor meteorologici asupra eficienței sistemelor solare, nr. 9, p. 363—370.
9. Fotă, S. și Bilegan, I.C. : Rezultate experimentale obținute pe un model de recuperator de căldură de tip apă apă cu tuburi termice, nr. 12, p. 544—546.

VIII. **Din exploatare**

1. Cernomazu, D. și Michiu, Gh. : Aprecieri privind evoluția releelor de gaze și contribuții la perfecționarea lor, nr. 5—6, p. 243—249.
2. Asandului, E. : Utilizarea mașinilor de medie mecanizare din dotarea IRE Iași, în activitatea de facturare a energiei electrice la consumatorii casnici, nr. 5—6, p. 250—251.
3. Tofan, Al., Sufletel, N. ș.a. : Dispozitiv pentru semnalizarea încălzirilor excesive în clemele instalațiilor electrice de înaltă tensiune, nr. 7, p. 297—303.
4. Cernomazu, D. : Cercetări privind efectele și cauzele unor întreruperi cu caracter intempestiv în circuitul înfășurărilor transformatoarelor de forță, nr. 9, p. 390—397.

IX. **Construcții-montaj**

1. Georgescu, B., Guzun, B. și Rașcu, P. : Separatorul cu gabarit constant asigură o optimizare a construcției stațiilor electrice interioare de 110 kV, nr. 3, p. 138—145.
2. Forje, Alex., Stratulat, V. ș.a. : Criterii optimale privind procesul de tratament termic al sudurilor, avînd în vedere eficiența energetică și precizia controlului temperaturii, nr. 7, p. 303—307.

X. **Articole economice și tehnico-organizatorice**

1. Albert, H. și Iancu, M. : Aspecte privind creșterea siguranței în funcționare prin dotarea tehnică corespunzătoare, nr. 1—2, p. 31—33.
2. Sevastru, A. : Factori favorizanți în dezvoltarea interconectării sistemelor energetice internaționale, prin linii de mare capacitate, nr. 1—2, p. 36—43.
3. Ivas, D., Voinea, E., Bîrlădeanu, E. și Ignat, I. : Tehnicile moderne de testare și instruire a operatorilor din camerele de comandă — mijloc de creștere a siguranței în funcționare a instalațiilor, nr. 1—2, p. 74—76.
4. Mihăileanu, C., Duma, M. și Felea, S. : Probleme de cercetare științifică ridicate de conceperea și realizarea sistemelor informatice în energetică, nr. 8, p. 309—311.
5. Duma, M., Felea, S. ș.a. : Programul de studii și cercetări privind analiza și fundamentarea unor soluții și caracteristici tehnice pentru sistemul teleinformatic al DEN. Principalele rezultate și concluzii, nr. 10—11, p. 518—524.
6. Felea, S., Pribiag, Gh. ș.a. : Conținutul actualului sistem de indicatori tehnico-economici, reflectat într-o bancă de date pentru activitatea de planificare la nivelul centralelor industriale din cadrul M.E.E., nr. 10—11, p. 524—526.
7. Emanoil, Al., Goliciu, D. ș.a. : Programul de cercetare-proiectare de sisteme informatice pentru analiza și urmărirea mersului economic al CTE, nr. 12, p. 565—569.

XI. **Energetica peste hotare**

1. Cartianu, P. : Tendințe de generalizare a valorificării energetice a deșeurilor urbane, nr. 4, p. 196—200.

XII. **Cronică**

1. * * * Al V-lea Simpozion „Siguranța în funcționare a instalațiilor energetice", nr. 1—2, p. 1—5.
2. Ostap, C. și Caba, M. : 80 de ani de la darea în funcțiune a Uzinei electrice a Municipiului Iași, nr. 1—2, p. 86—89.
3. Sfichi, R. : Prof. ing. Simion Oprișor la a 76-a aniversare, nr. 1—2, p. 90—91.
4. * * * Concluziile Conferinței cu tema : „Economisirea și gospodărirea rațională a energiei electrice și termice", nr. 8, p. 355—358.
5. * * * Consfătuirea de lucru și expoziția ramurii energiei electrice și termice privind creația științifică și tehnică de masă, nr. 9, p. 401—402.
6. * * * Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a ICEMENERG : Contribuții la dezvoltarea energeticii românești", nr. 10—11, p. 408—409.
7. * * * A XI-a Conferință Mondială a Energiei, München, 8—12 sept. 1980, nr. 12, p. 569—577.

XIII. **Diverse**

1. Munteanu, C. : Aspecte privind asigurarea protecției personalului care execută lucrări sub tensiune în instalațiile electrice din R.S.R., nr. 8, p. 349—354.
2. Riedel, M. : Aspecte caracteristice ale poluării sonore în centrale electrice, nr. 9, p. 397—401.
3. Crăciunescu, M. : Model de analiză preferențială în microgrupuri de muncă la o electrocentrală, nr. 10—11, p. 453—456.

„Revista ENERGETICA"—organ al Ministerului Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R.S. România. Redacția: București, Bd. Energeticienilor 8, Sector 3. Telefon: 20 67 30. Instituțiile pot achita abonamente pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul de virament nr. 30.11.8.01.01 BN R.S.R.—Sectorul 3. Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru abonamente individuale: lei 30 anual. Prețul unui exemplar: 5 lei. Taxele poștale achitate anticipat, conform aprobării D.G.P.Tc. nr. 137/7914/1979

I. P. I. c 2717

41 401

Abonaţi-vă la
Revista ENERGETICA!

CERERE DE ABONAMENT PERSONAL LA REVISTA „ENERGETICA"

Subsemnatul . . . . . din. întrepr. . . . . solicit un abonament pe anul 1981 la revista „Energetica", care va fi expediat pe numele subsemnatului, la adresa : localitatea . . . . . .str. . . . . nr. . . . .bl. . . .sc. . . .et. . . .ap. sect. . . . .cod. . .judeţ . . . . .

C/v abonamentului (30 lei) am achitat-o în contul 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti, ICEMENERG, prin m.p.nr. . . . din . . .sau la casieria ICEMENERG cu chit. nr. . . . . .din . . . . . .

Data . . . . . Semnătura . . . . . .

CERERE DE ABONAMENT PENTRU ÎNTREPRINDERE LA REVISTA „ENERGETICA"

Întrepr. . . . . .din . . . . . str. . . . . .nr. . . . . .sect. . . .cod . . . . jud. . . . . solicită un abonament pe anul 1981 la revista „Energetica".

C/v abonamentului (100 lei) s-a achitat cu m.p.nr. . . . . .din . . . către ICEMENERG cont. 30.11.8.01.01. BN RSR, fil. sect. 3, Bucureşti

DIRECTOR, CONTABIL-ŞEF, Data

Comandaţi lucrările elaborate de Oficiul de informare documentară pentru energetică!

Oficiul de informare documentară pentru energetică ((OIDE) este organul de specialitate al Ministerului Energiei Electrice, care realizează informarea şi documentarea tehnică în ramura energiei electrice şi termice, cuprinzînd activităţile de cercetare, proiectare, producţie şi învăţămînt. În cadrul activităţi, OIDE editează următoarele lucrări neperiodice :

1. **„Energetica-supliment de îndrumare unitară în ramura energiei electrice şi termice"**, cu caracter tehnico-economic, care cuprinde : articole originale şi traduceri pe probleme de organizare şi conducere a producţiei, perfecţionare profesională, acte normative şi prescripţii, informări şi precizări de natură financiar-economică, juridică, de protecţie a muncii, articole de generalizare a experienţei înaintate, materiale din domeniul energeticii industriale etc.

2. **„Energetica peste hotare"** — seria **„Informaţii tehnico-ştiinţifice"**, care cuprinde informaţii selective pe probleme de producere, transport şi exploatare a energiei electrice şi termice, puneri în funcţiune, consum de combustibili, statistici etc., din publicaţiile tehnice străine.

3. **„Energetica peste hotare"** — seria **„Sumar energetic"**, care cuprinde traducerea titlurilor din revistele străine cu profil energetic, sub formă de fişe cu adnotări bibliografice.

Aceste lucrări au regim de carte şi pot fi comandate în funcţie de necesităţile de informare ale unităţii dv.
Valoarea lucrărilor se achită anticipat în contul ICEMENERG.
Lucrările se expediază pe măsura apariţiei lor la adresa menţionată de beneficiar.
Preţul acestor lucrări este stabilit conform Ord. Ministerului Energiei Electrice 816/970.

FORMULAR DE COMANDĂ — 1981 Nr . . . ./ . . . . .

la publicaţiile neperiodice elaborate de ICEMENERG — Oficiul de informare documentară pentru energetică

Unitatea . . . . . din str. . . . . .

nr. . . . oraş. . . . . cod . . . . judeţ . . . . . .

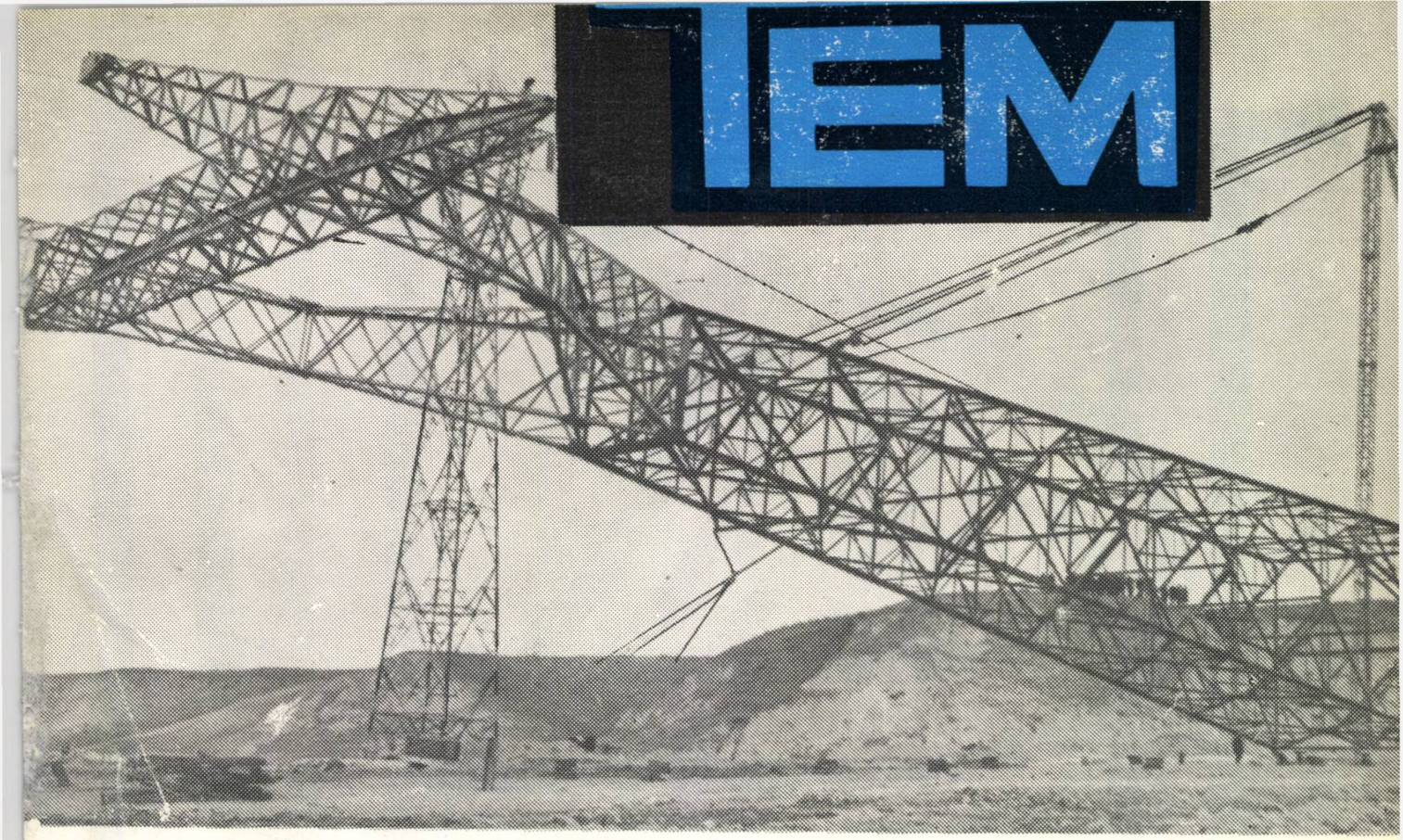
vă rugăm să ne livraţi lucrările notate în tabelul de mai jos :

Nr. cod	Titlul lucrării	Apariţie în set de volume	Preţ pe set (lei)	Număr de seturi comandate	Total lei de plată
06.1	Energetica-supliment de îndrumare unitară în ramura energiei electrice şi termice	Set de 5 volume	300		
06.2	Energetica peste hotare — seria Informaţii tehnico-ştiinţifice	Set de 5 volume	300		
06.3	Energetica peste hotare — seria Summar energetic	Set de 7 volume	420		
			Total lei de achitat anticipat către ICEMENERG		

Suma respectivă a fost achitată cu dispoziţia de plată (m.p.) nr. . . . . di . . . . . .
către ICEMENERG, Bd. Energeticienilor nr. 8, sect. 3, cont virament 30.11.8.01.01, BN. RSR, fil. sect. 3. Bucureşti, cod 74568

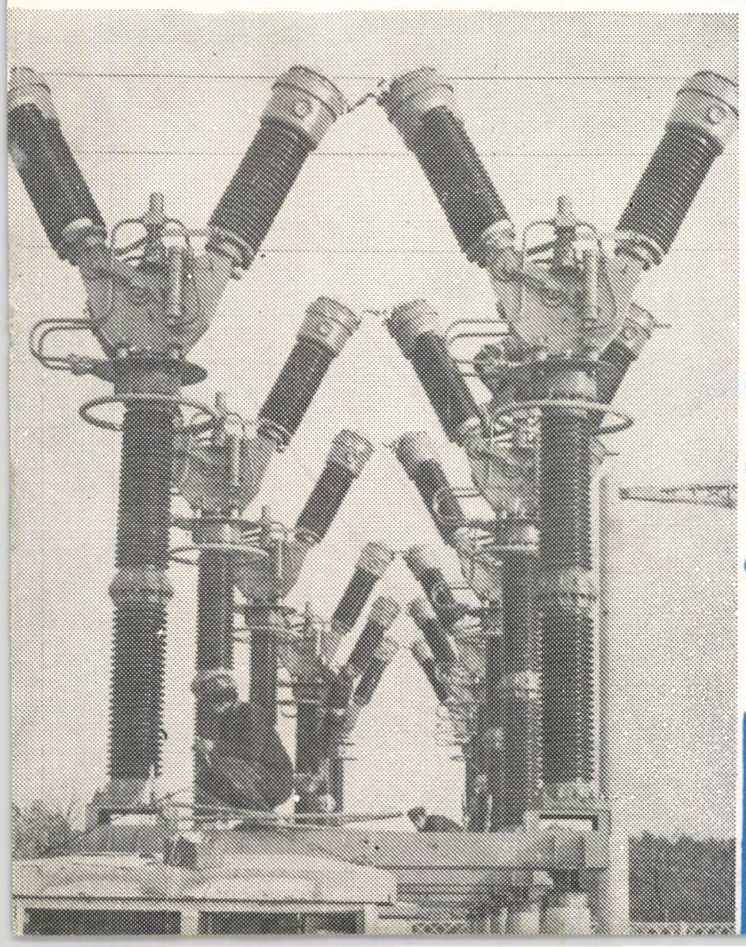
DIRECTOR

CONTABIL-ŞEF



La executarea instalaţiilor electrice, Trustul ELECTROMONTAJ foloseşte procedee tehnologice moderne de mare productivitate, care conduc la durate scurte de execuţie şi la un înalt nivel calitativ al lucrărilor

EXECUTĂ PRIN UNITĂTILE SALE DE CONSTRUCŢI



- Linii electrice de foarte înaltă tensiune, 220 - 400 kV
- Linii electrice de înaltă şi medie tensiune, 6 - 110 kV
- Lucrări de joasă tensiune : iluminat stadioane, autostrăzi, aeroporturi
- Linii electrice în cabluri subterane şi subfluviale de la 1 - 220 kV
- Staţii electrice de transformare şi conexiuni de 1 - 400 kV
- Posturi de transformare şi puncte de alimentare de orice tensiune şi putere

TRUSTUL ELECTROMONTAJ

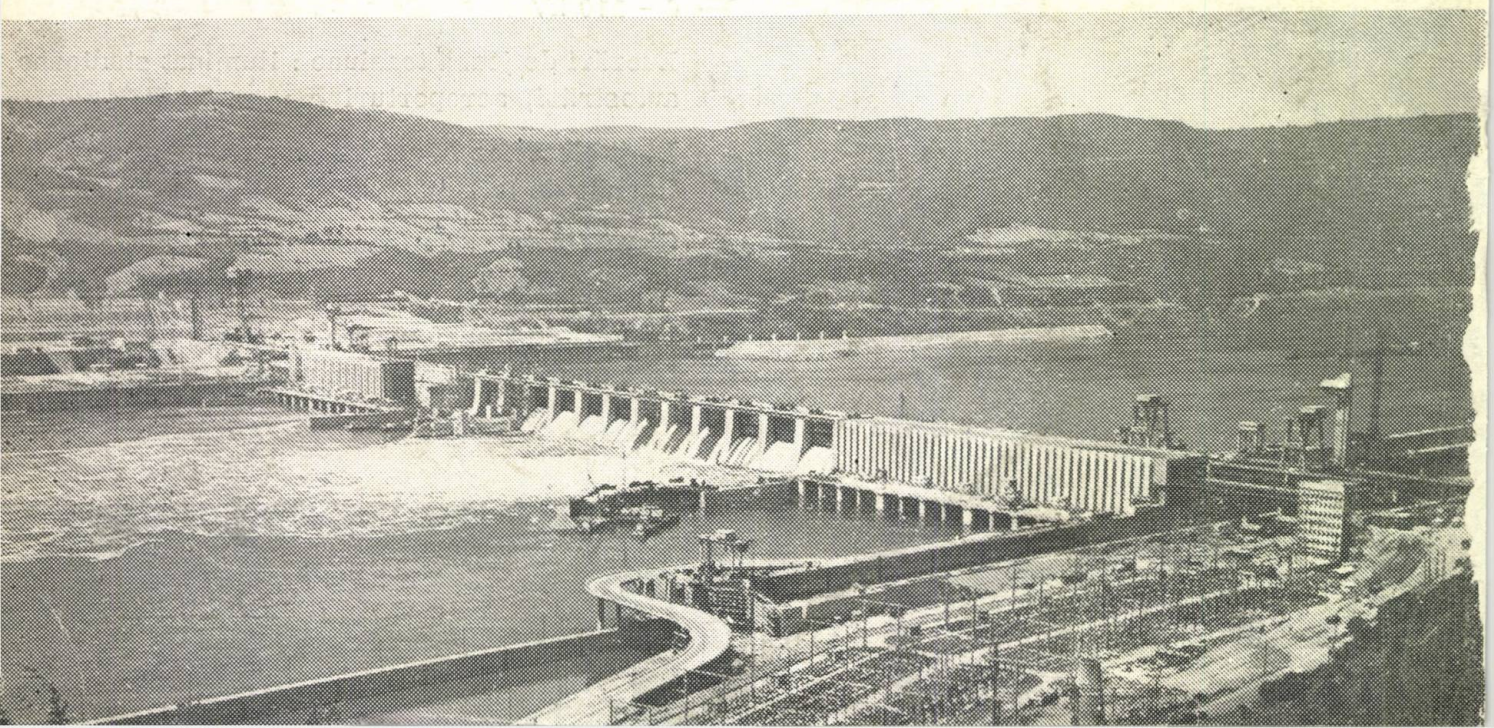
BUCUREŞTI, CALEA MOŞILOR 158

Telefon 16 63 30

Trustul de Construcţii Hidroenergetice

BUCUREŞTI

Str. Dimitrie Onciul Nr. 23—25 Telefon : 35.54.70

Sector 2 Cod 70318 Telex: 10244R

execută în ţară şi în străinătate centrale hidroelectrice
şi lucrări hidrotehnice complexe